脑与学习科学新视野译丛
董 奇／主编 周加仙／副主编

剑桥学习科学手册

THE CAMBRIDGE HANDBOOK OF THE LEARNING SCIENCES

◎ [美] R.基思·索耶／主编
◎ 北京师范大学认知神经科学与学习
国家重点实验室脑科学与教育应用研究中心／组织翻译
◎ 徐晓东 等／译



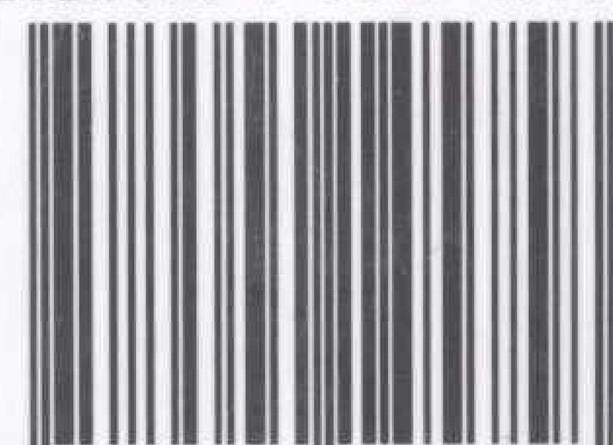
教育科学出版社
ESPH Educational Science Publishing House

THE CAMBRIDGE HANDBOOK OF THE LEARNING SCIENCES

学习科学是研究教与学的一个跨学科领域，涵盖了认知科学、教育心理学、计算机科学、人类学、社会学、神经科学以及其他领域。《剑桥学习科学手册》向我们展示了教育者如何能够利用学习科学来设计更为有效的学习环境，包括学校课堂和非正式学习环境，例如科学中心、校外俱乐部、在线远程学习以及基于计算机的辅导软件等。本手册基于有关儿童如何学习的最新科学研究成果，描述了令人振奋的新的课堂环境。《剑桥学习科学手册》是一本真正的手册，读者可以用本手册来设计未来的学校——这种学校可以为毕业生参与日益基于知识与创新的全球社会做好准备。

R. 基思·索耶（R. Keith Sawyer），是华盛顿大学圣路易斯分校的教育学副教授。他在芝加哥大学获得了心理学博士学位，在麻省理工学院获得了计算机科学理学士。他的主要研究领域有：创造力、协作和学习。

定价：98.00元



责任编辑：刘明堂
封面设计：徐丛巍

脑与学习科学新视野译丛
董　奇／主编　周加仙／副主编

剑桥学习科学手册

THE CAMBRIDGE HANDBOOK OF THE LEARNING SCIENCES

教育科学出版社
·北京·

责任编辑　刘明堂
版式设计　贾艳凤
责任校对　张　珍
责任印制　曲凤玲

图书在版编目（CIP）数据

剑桥学习科学手册/（美）索耶主编；徐晓东等译.
北京：教育科学出版社，2010.4
（脑与学习科学新视野译丛/董奇主编）
书名原文：The Cambridge Handbook of the Learning Sciences
ISBN 978-7-5041-4575-8

Ⅰ.①剑…　Ⅱ.①索…②徐…　Ⅲ.①学习理论（心理学）—手册　Ⅳ.①G442-62

中国版本图书馆CIP数据核字（2009）第195304号

北京市版权局著作合同登记 图字：01-2006-6174号

出版发行	教育科学出版社		
社　址	北京·朝阳区安慧北里安园甲9号	市场部电话	010-64989009
邮　编	100101	编辑部电话	010-64989419
传　真	010-64891796	网　址	http://www.esph.com.cn
经　销	各地新华书店		
制　作	北京鑫华印前科技有限公司		
印　刷	保定市中画美凯印刷有限公司	版　次	2010年4月第1版
开　本	169毫米×239毫米　16开	印　次	2010年4月第1次印刷
印　张	50	印　数	1—3 000册
字　数	984千	定　价	98.00元

如有印装质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

译丛总序

人脑是世界上最复杂的物质系统，它所具有的学习功能是其他一切生物无法比拟的。在人类学习的研究中，由于研究方法与手段的局限性，无论是古代东西方对学习的思辨，还是近现代流派纷呈的学习理论，都回避了对学习的器官——脑的探索，使学习的研究停留在外显的行为以及对内部心理机制的推测上。

随着脑科学的迅猛发展以及研究方法与工具的进步，人们日益重视脑、认知与学习之间的关系。学习科学研究者将真实情境中的学习作为研究对象，运用科学的研究方法，来理解人类学习过程中的认知活动及其神经机制，探讨学习、认知与发展的过程与本质。学习作为人类极其复杂的现象，只有整合不同学科的视野才能对其有完整、科学的认识，因此学习科学是多学科、跨学科的研究领域。

最先用科学的方法来研究脑与学习关系的是诞生于20世纪50年代中期的认知科学。认知科学是研究人、动物和机器的智能本质和规律的科学，研究内容包括知觉、学习、记忆、推理、语言理解、知识获得、注意、情感等统称为意识的高级心理现象。认知科学从诞生之日起，就从多学科的视角来研究学习。到20世纪70年代，认知科学家开始研究人类是怎样解决问题的，关注数学、科学、阅读和写作等学校教育教学中涉及的重要问题。他们发现专家与新手采用不同的方式来解决各种学习领域中的问题，认为专家与新手的区别是理解学习的第一步，“学习就是新手变为专家的过程”①，追踪这一过程中的思维变化可以研究学习的产生。20世纪90年代以后，认知科学转变了脱离学习情境、关注静态知识的实验室研究方式，转而重视学习者的思维与求知过程。认知科学对表征、专家知识、问题解决和思维等的研究，成为学习科学的核心概念。经过20余年的发展，《学习科学杂志》于1991年创刊。2002年“国际学习科学协会”（The International Society of the Learning Sciences）成立。目前美国的西北大学、斯坦福大学等许多著名大学都设立了学习科学专业，从认知科学的角度来探究学生的学习。

在认知科学发展的同时，与此相关的另一门新兴学科也在形成之中。美国心

① Bruer, J. B. (1993) Schools for Thought: A Science of Learning in the Classroom. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. p. 2.

理学家 George Miller 于 20 世纪 70 年代提出了“认知神经科学”一词，率先将脑科学和认知科学结合起来。在 90 年代“脑的十年”里，随着脑成像技术的发展以及 Michael S. Gazzaniga、George Miller、Michael I. Posner 等一批认知神经科学家卓有成效的研究，认知神经科学迅速发展起来。认知神经科学的研究任务在于阐明自我意识、思维想象和语言等人类认知活动的神经机制，研究脑是如何调用各层次上的组件，包括分子、细胞、脑组织区和全脑去实现自己的认知活动的。① 教育与认知神经科学结合起来的研究已成为当前国际上备受关注的新兴研究领域。1999 年经济合作与发展组织启动了“学习科学与脑研究”项目，目的是在教育研究人员、教育决策专家和脑科学研究人员之间建立起密切的合作关系，通过跨学科的合作研究来探明与学习有关的脑活动，从而更深入地理解个体生命历程中的学习过程。2003 年 11 月，“国际心智、脑与教育协会”成立，标志着科学界与教育界更加紧密地合作起来，共同研究人类学习与学习科学。

目前，许多国家的政府都采取了一系列重要措施，大力支持脑与学习科学的研究与应用工作，并将它提到了国家科技与教育发展的重要议程。新世纪伊始，美国国家科学基金会就积极酝酿筹办学习科学研究中心以及学习科学孵化中心。从 2004 年起，美国国家科学基金将投入 9 000 万美元，正式建立四个学习科学中心。除此之外，还建立了若干个学习科学孵化中心。这些学习科学中心分别从生物、认知、计算机、数学、物理、社会科学、工程以及教育等多种学科交叉的角度来研究学习，甚至还涉及机器学习、学习技术以及所有有关学习的数学分析与模型的研究。日本政府也非常重视脑科学与教育的研究，日本文部科学省于 2003 年元旦启动了庞大的“脑科学与教育”研究项目。2004 年，欧洲启动了由 8 个不同国家的实验室共同合作的研究项目“计算技能与脑发展”项目，研究计算能力的脑机制，并将研究成果运用于数学教育。这些研究组织与机构的创立表明，无论在北美洲、欧洲，还是在亚洲，全方位、多层面的学习科学研究已经蓬勃地开展起来。

我国对学习的研究已有悠久的历史。在古代，人们把“学习”看作是包含“学”与“习”两个独立环节的过程。“学”是指人获得直接与间接经验的认识活动，兼有思的含义；“习”是指巩固知识、技能等实践活动，兼有行的意思。② 最早将“学”与“习”联系起来强调“学”与“习”之间内在联系的是孔子，他说：“学而时习之，不亦说（悦）乎！”（《论语·学而》），又说：“学而不思则罔，思而不学则殆”（《论语·为政》），说明“学”是“习”的基础与前提，“习”是“学”的巩固与深化，在学习的过程中可以感受到愉悦的情绪体验，揭

---

① Gazzaniga, M. S.：《认知神经科学》，沈政等译，上海教育出版社，1998 年。

② 桑新民：《学习究竟是什么？——多学科视野中的学习研究论纲》，《开放教育研究》第 11 卷第 1 期，2005 年 2 月，第 8－9 页。

示了学习、练习、情绪、思维之间的关系。由此可见，我国古代把学习看作是学、思、习、行、情的总称，对学习的这种探讨已经触及了一个重要的科学研究问题：学习过程中认知、情绪、行为三者之间的统一关系。

20世纪初期与中期，我国有一些学者出版了有关学习的论著，如杨贤江撰写的《学习法概论》(1923)、周冰原撰写的《学习观点与学习方法》(1950)等。经过多年的发展，20世纪70年代末到80年代初，开始形成了学习学的理论与实践研究，并出版了大量专著，学习学的研究在全国展开。1987年6月，在南京召开的"全国第一届学习科学讨论暨讲习班"成为学习学研究历史上的一次重要会议。此后，全国学习学专业机构纷纷成立，并多次举办了全国性的学习学会议。学习学的理论与实践研究也有了新的进展。但是，目前学习学的研究仍然停留于行为研究与思辨层面，关注较多的是学生的学习心理研究、学习规律的观察与总结、学习经验的交流、学习方法的指导等方面，而对脑与学习的关系则探讨较少。

20世纪90年代中后期，在当时国务院科技领导小组、国家科技部、教育部、自然科学基金委的支持下，我国开始重视脑科学与教育的研究，并多次举行专题研讨会。以脑科学研究为基础的学习科学才逐渐受到关注，并成立了专门的研究机构。2000年，教育部在北京师范大学建立了认知科学与学习教育部重点实验室；2002年，韦钰院士在东南大学发起成立了学习科学研究中心；2005年，国家科技部在北京师范大学成立了"认知神经科学与学习"国家重点实验室；脑的学习功能与生理机制的学习科学研究受到了重视。

北京师范大学"认知神经科学与学习"国家重点实验室的主要目标是研究人类学习的脑机制，并将研究成果运用于学校的教育教学与学生的心理健康发展。我们从认知科学、认知神经科学的角度，围绕"学习与脑可塑性"这一核心问题，研究学习的一般机制和特殊规律，已经在认知能力的发展与促进，社会认知、行为的心理与神经机制，认知障碍，英语、汉语以及汉英双语表征的神经机制与学习方面取得了许多研究进展和突破。我本人也主持了国家攀登项目、国家杰出青年基金项目、科技部重点国际合作项目、教育部人文社科重大项目等重要课题，组织北京师范大学和国内外有关专家从多学科角度进行联合攻关，在脑与学习科学的研究方面取得了许多有价值的成果。

近年来，在各国的重视下，脑科学已经开始运用于教育，其取得的初步成果和出现的问题，对我国开展该方面的工作均有重要参考、借鉴意义。为此，我们决定组织"脑与学习科学新视野"译丛，根据我国学习科学研究与学校教育的需要，选择国际学习科学研究中最权威、最重要的研究成果介绍给教育科学工作者、决策者与实践者，尤其是有志于从事脑与学习科学研究的工作者。译丛中的书籍分别从认知科学和认知神经科学的角度来阐明学习科学。有些书籍是不同国际组织召集国际上资深科学家研讨而成；有些书籍勾勒出脑与学习科学的具体研

究框架；有些书籍让大家了解脑与学习科学的最新研究进展。因此，本译丛最大的一个特点在于，其作者均为脑与学习科学研究领域的国际著名专家或者相关国际研究组织，这些书籍也都由国际知名出版社出版发行。原书作者的许多见解有助于我们更好地把握国际脑与学习科学发展的趋势与存在的争论，有助于促进我国脑与学习科学的研究工作。

值此译丛出版之际，我要对译丛中各著作的原作者和出版社表示谢意；我还要感谢教育科学出版社的同志细致、耐心的工作；感谢参与本译丛翻译的老师和研究生们所付出的辛勤劳动。同时，我还要借此机会感谢国务院科技领导小组、国家科技部、教育部、自然科学基金委长期以来对脑与认知神经科学方面基础研究和应用研究的大力支持。

我希望本套译丛将对我国脑与学习科学的研究以及学习科学研究人员的培养有积极的启示与帮助；我也希望本套译丛将对我国的教育决策、教育研究范式的改革、课程与教学设计带来有益的启示。

董　奇
2009年10月26日
于北京师范大学

序　言

R. 基思·索耶

xi

学习科学（Learning Sciences）是一个研究教与学的跨学科领域。它研究各种情境下的学习——不仅包括学校课堂里的正式学习，也包括发生在家里、工作期间以及同事之间的非正式学习。学习科学研究的目标，首先是为了更好地理解认知过程和社会化过程以产生最有效的学习，其次便是为了用学习科学的知识来重新设计我们的课堂和其他学习环境，从而使学习者能够更有效和深入地学习。关于学习的科学（The sciences of learning）包括：认知科学、教育心理学、计算机科学、人类学、社会学、信息科学、神经科学、教育学、设计研究、教学设计以及其他领域。20 世纪 80 年代末，在这些领域中研究学习的研究者意识到，他们需要发展新的科学方式来超越自己的学科所能从事的研究，因此，他们开始跟其他学科的研究者进行合作。学习科学诞生于 1991 年，它是以第一次国际会议的成功举行和《学习科学期刊》（*Journal of the Learning Sciences*）的创刊为标志的。

自从 1991 年以后，学习科学的研究者们便形成了一个影响重大的学术团体，现在是他们开始和其他领域的研究者——教育研究者、教师、教育管理者、教育决策者、顾问以及教育软件的设计者来分享成果的时候了。这个手册介绍了一种令人兴奋的新方式来改革教育和学校，这种方式建立在学习科学研究的基础之上，通过设计新的学习环境来帮助学习者进行更有效和深入的学习。

学习科学的研究者们经常称他们自己为一个共同体，因为有时他们中的每个人似乎都很了解其他人；而且只有几百位学者参加每年举行的专门会议。这在教育研究的大背景下是相对较小的一个团体；而美国教育研究协会（American Education Research Association）则声称学习科学的研究者超过了一万人。但是，学习科学社区正在成长，并且它将开始对教育产生远远超越于自己规模的重大影响。在 2003 年到 2006 年间，美国国家科学基金会（National Science Foundation）资助了将近 100 万美元来促进学习科学的发展。越来越多人认识到，在学习科学共同体中出现的方法对于改进教育拥有巨大的潜力。

xii

美国国家研究委员会（The National Research Council，NRC）的报告《人是

如何学习的》(*How People Learn*),首次对学习的新科学进行了全面介绍(Bransford, Brown & Cocking, 2000)。《人是如何学习的》向广大读者简单介绍了学习科学。而《剑桥学习科学手册》(*Cambridge Handbook of the Learning* Sciences, CHLS)则是对《人是如何学习的》的一个补充:《剑桥学习科学手册》说明了教育家是如何利用学习科学来设计更有效的学习环境——包括学校课堂以及非正式的学习环境,如科学中心、课外俱乐部、在线远程学习和基于计算机的辅导软件学习。本书的很多章节都描述了令人兴奋的新课堂环境。这些课堂环境基于最近的关于儿童是如何学习的科学研究,并融入了新的课程材料、协作活动、对教师的支持以及创新性教育软件,而且还常用互联网独特的优点来扩展学习,使得学习可以超越学校的范围。读者可以使用本手册来设计未来的学校——基于学习科学研究并充分挖掘计算机和互联网技术的潜力来改进学生知识和技能的学校。学习科学还能够把正式的学校教育和学生可获得的其他学习机制紧密地联系起来,这些学习机制如图书馆、科学中心和历史博物馆、课外俱乐部、在家里便可获得的在线学习活动,甚至学生和在职专家之间的协作。

本书所描述的许多课堂都使用了先进的计算机技术——但这不是为了使用技术而使用技术。学习科学深刻地意识到,计算机通常都会令老师和学生失望;用库班(Cuban, 2001)的话来讲就是,计算机“被过分吹嘘和不当使用”。学习科学研究发现,只有当我们考虑到儿童是如何学习的,以及当计算机被用来整合老师和学生的课堂交互时,计算机的使用才能有助于学习。本手册将引领你了解,在上述情况下新的教育软件该如何得到最佳使用。但是,计算机软件只是本手册的一个组成部分;本书的许多章节还提出了新的教学策略、在协作小组中整合学生们的可选方式以及跨年级和跨学科的新课程形式。一些章节甚至提出了思考学校教育和学习的激进方式。

《剑桥学习科学手册》总共34章,分成六部分。

在导言和结论这两章里,我解释了为什么学习科学不仅对教育如此重要,而且对我们整个社会也如此重要。主要发达国家和全球经济发展的变化是非常迅速的。在这两章里,我吸收了最近的学术成果,这些学术研究成果阐述了我们今天的学校和知识时代的需求之间的不协调。因为学习科学正在探究如何教授知识社会所需的深层知识、技能和态度,所以,学习科学是被定位在为未来学校绘制发展蓝图。

第一部分,基础理论,将引领读者了解在整个学习科学领域最具影响力的思想和理念。

第二部分,方法论,描述了学习科学用来研究和设计新的学习环境的独特的研究方法。实验是一种重要的研究方法,但是,在设计和策划课堂时它却无能为力,而学习科学则发展了一系列新的方法论工具。

第三部分,知识的本质,呈现了对深层知识的研究,并且这些深层知识是支

持专家行为的。学习科学不只是试图简单地帮助学生去更好地记忆教科书上的事实性知识，因为在今天这个知识社会里，单纯地记忆相互独立的陈述性知识和按部就班的程序性知识是远远不够的。相反，学习科学家们研究的是如何帮助学生理解潜在的说明和原因，以及如何解决复杂的实际问题。

第四部分，可视化知识，展示了学习科学家们将如何利用这些关于知识本质的新发现来设计课堂活动，同时，通过使深层知识可视化——通常需要借助高级的计算机演示，来帮助学生学习需要掌握的深层知识。

第五部分，共同学习，强调了协作在学习中所扮演的重要角色。广泛的教育研究发现，协作是有助于学习的。互联网和无线掌上设备的出现能够支持学生在协作学习环境中学习，这样，电脑就能把学生们整合在一起，而不是像老一代的教育软件那样把学生们隔离开来——坐在电脑前面的每个学生都是相互孤立的。

第六部分，学习环境，解决在教育改革中所面临的现实问题——教师专业发展、学生人人平等、从学校乃至整个国家推广教育革新等问题。

完成像《剑桥学习科学手册》这样的著作，是一件十分繁重的任务；60 多位作者直接参与了这项工作，还有学习科学社区的很多成员通过阅读和点评本书的初稿，也间接参与了此项工作。就和其他专业社区一样，本书所出现的知识是所有参与者集体智慧的结晶。尽管许多重要学者的名字没有像本书作者的名字那样出现在这里，但是，他们对学习科学集体工作的贡献同样也是不可估量的。在编辑本书时，我发现学习科学社区的成员们都深刻地意识到，他们中的每个人仅仅是这个广大的实践社区中的一位参与者而已，同时他们也意识到知识的产生不可能被看作是任何一位研究者所独有或者占有的成果。学习科学的研究者们能在不到 20 年的时间里取得长足的进步，离不开他们相互间公开分享学术成果和协同工作。我希望本书能够成为这个实践社区不断扩展的重要源泉，同时也是促使每个教育工作者吸收这些新发现和开始设计未来学校的动力源泉。

我感谢很多人对我这项工作的支持和贡献。剑桥大学出版社的编辑菲利普·劳克林（Philip Laughlin）先生第一个预想到读者需要这样一本书，我非常感谢他自始至终对我的支持和帮助。我还要特别感谢四位咨询委员会成员。在完成这项工作的过程中，每当我向他们四位提问本书所出现的问题时，他们都会将自己的时间和精力奉献于此，所以，我认为他们是非常出色地完成了咨询工作。

对于华盛顿大学的支持和帮助，我在此也表示衷心的感谢。在编写本书时，我在很大程度上得到了圣路易斯科学教学与学习咨询中心（St. Louis Center for Inquiry in Science Teaching and Learning，CISTL）和华盛顿大学教育科学学院的支持。这些支持和帮助都得归功于圣路易斯科学教学与学习咨询中心的主管院长杰尔·康弗里（Jere Confrey）和华盛顿大学教育科学学院院长比尔·泰特（Bill Tate）的努力。在华盛顿大学 2005 年春季学期的一次博士研究生班的专题讨论会上，博士研究生们阅读了本书初稿的许多章节，并提出了非常宝贵的建议。在

2005年夏季最后修订本书的终稿时，斯泰西·德朱特（Stacy DeZutter）则提供了非常有价值的文稿编辑帮助，这些同样也是来自于圣路易斯科学教学与学习咨询中心的支持。

当然，我也非常感谢每一位作者所付出的艰苦劳动。我非常荣幸能和这些专业的学者们一起工作，正如他们所说的，我们每一个人都是“按时并且不超支”的情况下交付了所负责的章节书稿。我还要特别感谢的是作者们能够非常乐意地回应我的建议——在很多时候，我提出了详细的评论，而很多作者要因此投入大量的时间来重写文稿。和这些学者们共同亲密的工作之后，我对学习科学为什么对教育产生如此重大的影响有了更深的理解。

xiv

致谢

珍妮特·科洛德纳（Janet Kolodner）对本序言的前半部分的初稿提供了反馈意见。

本书的编写得到了美国国家科学基金会（National Science Foundation，项目号：ESI－0227619）的支持。本书所表述的任何观点、发现、结论或者建议都只是作者的看法，不代表美国国家科学基金会的立场。

参考文献

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school.* Washington, DC: National Academy Press.

Cuban, L. (2001). *Oversold and underused: Computers in the classroom.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

本书撰稿人

编委会

ALLAN COLLINS
Northwestern University
School of Education and Social Policy
2120 Campus Drive
Evanston, IL 60208
a-collins@ northwestern. edu

JERE CONFREY
Washington University
Department of Education
Campus Box 1183
St. Louis, MO 63130
jconfrey@ wustl. edu

JANET L. KOLODNER
Georgia Institute of Technology
College of Computing
801 Atlantic Drive
Atlanta GA 30332 -0280
janet. kolodner@ cc. gatech. edu

MARLENE SCARDAMALIA
Ontario Institute for Studies in Education
252 Bloor Street West
Toronto, Ontario M5S1V6
Canada
mscardamalia@ oise. utoronto. ca

各章作者

JERRY ANDRIESSEN
Utrecht University
Heidelberglaan 1
Department of Educational Studies
(IPEDON)
Utrecht 3884 CS
J. Andriessen@ fss. uu. nl

SASHA BARAB
Indiana University, Learning Sciences
School of Education, #4066
201 North Rose Avenue
Bloomington, IN 47405
sbarab@ indiana. edu

BRIGID BARRON
Stanford University
School of Education
485 Lausen Mall
Stanford, CA 94305 -3096
barronbj@ stanford. edu

PHILIP BELL
University of Washington
Cognitive Studies in Education Program
312 F Miller Hall, Box 353600
Seattle, WA 98195
pbell@ u. washington. edu

CARL BEREITER
Ontario Institute for Studies in Education
252 Bloor Street West
Toronto, ON M5S1V6
Canada
cbereiter@ oise. utoronto. ca

PHYLLIS C. BLUMENFELD
University of Michigan
School of Education, 4124 SEB
Ann Arbor, MI 48109
blumenfe@ umich. edu

JOHN D. BRANSFORD
University of Washington
College of Education
Box 353600, 210 Miller Hall
Seattle, WA 98195
bransj@ u. washington. edu

AMY BRUCKMAN
Georgia Institute of Technology
College of Computing
85 5th Street
Atlanta, GA 30332 -0760
amy. bruckman@ cc. gatech. edu

SHARON M. CARVER
Children's School
Carnegie Mellon University
Pittsburgh, PA 15213
scoe@ andrew. cmu. edu

PAUL COBB
Vanderbilt University
Department of Teaching and Learning
230 Appleton Place, Box 330
Peabody College
Nashville, TN 37203 -5721
paul. cobb@ vanderbilt. edu

ALBERT CORBETT
Carnegie Mellon University
Human-Computer Interaction Institute
3605 Newell Simon Hall
Pittsburgh, PA 15213
corbett@ cmu. edu

ELIZABETH A. DAVIS
University of Michigan
School of Education
610 E. University Ave. , Room 1323
Ann Arbor, MI 48109 - 1259
betsdy@ umich. edu

CHRIS DEDE
Harvard University
Technology in Education Program
323 Longfellow Hall
Cambridge, MA 02138
chris_dede@ harvard. edu

ANDREA A. DISESSA
University of California
4533 Tolman Hall #1670
Berkeley, CA 94720 - 1670
disessa@ soe. berkeley. edu

DANIEL C. EDELSON
Northwestern University
School of Education and Social Policy
2120 Campus Drive
Evanston, IL 60208
d-edelson@ northwestern. edu

BARRY J. FISHMAN
University of Michigan
School of Education
610 E. University Ave. , 1360B
Ann Arbor, MI 48109 - 1259
fishman@ umich. edu

JAMES G. GREENO
University of Pittsburgh
School of Education
5524 Wesley Posvar Hall
Pittsburgh, PA 15260
jimgrno@ pitt. edu

JULIE HEISER
Adobe Systems, Inc.
345 Park Avenue, E - 11
San Jose, CA 95110
jheiser@ gmail. com

CELIA HOYLES
Institute of Education, University of London
20 Bedford Way
London WC1H 0AL
United Kingdom
c. hoyles@ ioe. ac. uk

YASMIN B. KAFAI
University of California
Graduate School of Education & Information Studies
2331 Moore Hall, Box 951521
Los Angeles, CA 90095 - 1521
kafai@ gseis. ucla. edu

TONI M. KEMPLER
University of Michigan
School of Education
610 E. University Ave. , Room 4041
Ann Arbor, MI 48109
tkempler@ umich. edu

KENNETH R. KOEDINGER
Carnegie Mellon University
School of Computer Science
3601 Newell-Simon Hall
Pittsburgh, PA 15213 - 3891
koedinger@ cmu. edu

TIMOTHY KOSCHMANN
Southern Illinois University
Department of Medical Education
P. O. Box 19681
Springfield, IL 62794 - 9681
tkoschmann@ siumed. edu

JOSEPH S. KRAJCIK
University of Michigan
School of Education
610 E. University Ave. , Room 4109
Ann Arbor, MI 48109 - 1259
krajcik@ umich. edu

PATRICIA KUHL
University of Washington
Box 357988
Seattle, WA 98195
pkkuhl@ u. washington. edu

BARBARA G. LADEWSKI
University of Michigan
School of Education
610 E. University Ave. , Room 4002
Ann Arbor, MI 48109 - 1259
ladewski@ umich. edu

CAROL D. LEE

Northwestern University
School of Education and Social Policy
Annenberg Hall #331
2120 Campus Drive
Evanston, IL 60208 - 0001
cdlee@ northwestern. edu

RICHARD LEHRER
Vanderbilt University
Department of Teaching and Learning
166 Wyatt Center, Box 330
Peabody College
Nashville, TN 37235
rich. lehrer@ Vanderbilt. Edu

MARCIA C. LINN
University of California
Graduate School of Education
4611 Tolman Hall
Berkeley, CA 94720 - 1670
mclinn@ socrates. berkeley. edu

HEIDY MALDONADO
Stanford University
Stanford Center for Innovations in Learning
Wallenberg Hall
450 Serra Mall, Building 160
Stanford, CA 94305
heidym@ cs. stanford. edu

KAY MCCLAIN
Vanderbilt University
Peabody College, Department of Teaching and Learning

230 Appleton Place, Box 330
Nashville, TN 37203 - 5721
kay. mcclain@ vanderbilt. edu

BARBARA MEANS
SRI International
Center for Technology in Learning
333 Ravenswood Ave
Menlo Park, CA 94025
barbara. means@ sri. com

ANDREW MELTZOFF
University of Washington
Institute for Learning and Brain Sciences
Box 357920
Seattle, WA 98195
meltzoff@ u. washington. edu

NA'ILAH SUAD NASIR
Stanford University
School of Education
Wallenberg Hall
450 Serra Mall, Building 160
Stanford, CA 94305
nasir@ stanford. edu

CATHLEEN NORRIS
University of North Texas
College of Education
Department of Technology and Cognition
P. O. Box 311337
Denton, TX 76203
norris@ coe. unt. edu

RICHARD NOSS
Institute of Education, University of London
London Knowledge Lab
23 - 29, Emerald Street
London WC1N 3QS

United Kingdom
r. noss@ ioe. ac. uk

ANNEMARIE SULLIVAN PALINCSAR
University of Michigan
School of Education
610 E. University Ave. , Room 4121
Ann Arbor, MI 48109 - 1259
annemari@ umich. edu

SEYMOUR PAPERT
The Media Laboratory, MIT
Building E15
77 Massachusetts Ave
Cambridge, MA 02139 - 4307

ROY D. PEA
Stanford University
Stanford Center for Innovations in Learning
Wallenberg Hall
450 Serra Mall, Building 160
StanfordCA 94305
roypea@ stanford. edu

CHRIS QUINTANA
University of Michigan
School of Education
610 E. University Ave. , 1360D SEB
Ann Arbor, MI 48109
quintana@ umich. edu

BYRON REEVES
Stanford University
Department of Communication
Building 160, Room 229
Stanford, CA 94305
reeves@ stanford. edu

BRIAN J. REISER
Northwestern University
Learning Sciences
Annenberg Hall, 2120 Campus Drive, Room 339
Evanston, IL 60208 - 0001
reiser@ northwestern. edu

JEREMY ROSCHELLE
SRI International
Center for Technology in Learning
333 Ravenswood Avenue, BN - 376
Menlo Park, CA 94025
jeremy. roschelle@ sri. com

ANN S. ROSEBERY
TERC
2067 Massachusetts Avenue
Cambridge, MA 02139
Ann_Rosebery@ TERC. edu

NORA H. SABELLI
SRI International
Center for Technology in Learning
333 Ravenswood Avenue
Menlo Park, CA 94025
nora. sabelli@ sri. com

R. KEITH SAWYER
Washington University
Department of Education
Campus Box 1183
St. Louis, MO 63130
ksawyer@ wustl. edu

ROGER C. SCHANK
Socratic Arts
http://www. socraticarts. com/

LEONA SCHAUBLE
Vanderbilt University
Department of Teaching and Learning
Box 330 Peabody College
Nashville, TN 37203
leona. schauble@ vanderbilt. edu

JANET WARD SCHOFIELD
University of Pittsburgh
Professor, Department of Psychology
Senior Scientist, LRDC
3939 O'Hara Street
Pittsburgh, PA 15260
schof@ vms. cis. pitt. edu

DANIEL L. SCHWARTZ
Stanford University
School of Education
Stanford, CA 94305 - 3096
daniel. schwartz@ stanford. edu

NAMSOO SHIN
University of Michigan
School of Education
610 E. University Ave. , Room 4031
Ann Arbor, MI 48109
namsoo@ umich. edu

ELLIOT SOLOWAY
University of Michigan
Department of EECS, College of Engineering
2200 Bonisteel, 306 ERB
Ann Arbor, MI 48109
Soloway@ Umich. Edu

NANCY BUTLER SONGER
University of Michigan
School of Education
610 E. University Ave. , 1323 SEB
Ann Arbor, MI 48109
songer@ umich. edu

CERRY STAHL
Drexel University
College of Information Science & Technology
3141 Chestnut Street
Philadelphia, PA 19104
Gerry. Stahl@ drexel. edu

REED STEVENS
University of Washington
Educational Psychology
406A Miller Hall
Seattle, WA 98195 - 3600
reedstev@ u. washington. edu

DANIEL D. SUTHERS
University of Hawaii
Information and Computer Sciences
1680 East West Road, POST 309B
Honolulu, HI 96822
suthers@ hawaii. edu

NANCY VYE
University of Washington
College of Education
210 Miller Hall, Box 353600
Seattle, WA 98195
nancyvye@ u. washington. edu

BETH WARREN
TERC
2067 Massachusetts Avenue
Cambridge, MA 02140
Beth_Warren@ terc. edu

目　录

第四部分　可视化知识

第五部分　共同学习

第六部分　学习环境

第1章

导　　言

——学习的新科学

R. 基思·索耶

到20世纪，学校教育已在主要工业国家中得到普及。19世纪至20世纪期间，学校成形并得以发展，然而，科学家对人类是如何学习的却知之甚少。众所周知，20世纪20年代学校已经发展成为我们今日所见的庞大机构，即便如此，对于人类是如何学习的这个问题，还是没有持续性的研究。其结果是，今日我们的学校教育，往往是围绕如下常识性假设来设计的，而这些假设并没有得到科学验证。

- 知识是有关世界的**事实**(facts) 以及问题解决的**程序**(procedures) 的集合。事实是如"地球的自转轴呈23.45°倾斜"此类的陈述；程序是一些逐项解释的说明，如多位数加法中，如何依次进位的问题。
- 学校教育的目的是将这些陈述性知识和程序性知识传授给学生。当人们拥有了大量的陈述性知识和程序性知识时，就被认为是受到了教育。
- 教师是大量陈述性知识和程序性知识的持有者，他们的工作就是将这些知识传授给学生。
- 首先，应先教授一些较为简单的陈述性知识和程序性知识，然后再教授一些较为复杂的知识。"简单"、"复杂"的定义，以及学习内容的顺序，通常是根据教师、教科书作者，或者是数学家、科学家、历史学家等专家的研究决定的，并非根据学生实际上如何学习而定的。
- 检验学校教育成功与否的方法是测试学生获得了多少陈述性知识和程序性知识。

以上关于学校教育的传统观点，就是众所周知的**教授主义**(instructionism) (Papert，1993)。教授主义产生于20世纪初，它培养学生适应工业化社会经济发展的需求。如今的社会，技术更加先进，竞争更加激烈，因此教授主义不再适合于当今社会，不能使学生融入到社会中去。经济学家和组织理论家一致认为，当今社会是知识经济社会，经济是建立在知识基础上的（Bereiter，2002；Drucker， 2

1993)。在知识经济时代，仅靠记忆陈述性知识和程序性知识是不够的。学习者必须具有对复杂概念更深层次的理解，以及掌握利用复杂概念创造新概念、新理论、新产品、新知识的能力。他们还必须能对阅读的材料作出批判性评价，并能以口头和书面的形式清晰地表达自己的理解，还要理解科学思维和数学思维。他们更需学习的是整合的、可用的知识，而不是教授主义所强调的割裂的、脱离情境（decontextualized）的事实。此外，他们还要肩负终身学习的责任。上述这些能力，对于社会经济、社会民主及构建和谐生活，都是极其重要的。对于那些能够进行知识创新并不断发展其理解的创新型专业人员来说，教授主义则更不相配。在如今这个创新型经济社会中，教授主义已经过时了。

20 世纪 70 年代初，新的学习科学出现了，它建基于心理学、计算机科学、哲学、社会学以及其他学科的相关研究。科学家们通过研究儿童的学习，发现教授主义存在着严重的缺陷。经过了大约 20 多年的研究，到 90 年代，学习科学家们对学习的几个基本事实达成了共识，这些共识已由美国国家研究委员会发表（Bransford ，Brown，& Cocking，2000）：

- **更深刻理解概念的重要性**。有关知识工作者的科学研究表明，专门知识包括陈述性知识和程序性知识，但仅仅学到陈述性知识和程序性知识，却不一定能像知识工作者那样胜任工作。只有学习者知道何种情形运用何种知识，并能在新的情况中对原有知识作出恰当修正，陈述性知识和程序性知识才是有用的。教授主义最终导致的结果是，所学知识难以运用到课堂之外。当学生对概念获得更深层次的理解时，他们就会以一种更加实用而且深刻的方式来学习陈述性知识和程序性知识，并将所学知识迁移至真实情境。
- **注重教，也注重学**。如果**学生学习的**仅仅是教师讲授的知识，是不能对概念有深刻理解的。只有积极参与到自己的学习中来，学生才能深刻理解概念。新的学习科学关注教学技巧，也关注学生的学习过程。
- **创设学习环境**。学校的任务是帮助学生获得专家行为所需的所有知识，包括陈述性知识和程序性知识，当然也包括对概念的深层理解，以帮助学生对真实世界的问题进行推理。学习科学研究确定了学习环境的主要特征，并且这些学习环境有助于学生深刻理解概念。
- **建立在学习者已有知识上的重要性**。学生并非是等待灌输的空容器，他们是带着对现实世界各种各样的认识来到课堂的：这些认识的前概念有些是基本正确的，有些则是迷思概念（misconceptions）。对于儿童来说，学习的最佳方法是在建基于原有知识基础的环境中学习；如果教学没有包含学生的已有知识，那么学生学到的知识仅够其通过考试，而在课堂之外，持有的依然是迷思概念。
- **反思的重要性**。学生尝试对自己正在发展的知识进行表达的时候，可以学得更好。表达的方式包括对话，撰写论文、报告，或是创建其他制品。

这也给学生提供了机会，去反思性地分析自己的知识状态。

本书简略介绍了新的学习科学，以及研究者如何运用新的学习科学为未来的学校打好基础。之所以称这一新科学为**学习科学**(the learning sciences)，是因为它是一门交叉科学：研究者包括来自心理学、教育学、计算机科学、人类学以及其他学科的专家。学科间的相互合作，就产生了新的想法、新的方法论以及思考学习的新方式。许多人未曾意识到学习科学领域正在涌现的一些重大发现，这些人中有家长、教师、决策者，甚至还有许多教育研究者。由于不了解学习科学，许多人还继续认为学校教育应该是基于教授主义的。家长以及决策者接受的就是教授主义的教育，因而，当他们的孩子有着不同于他们的学习经历时，他们常会感到不安。许多教师在整个职业生涯中，都在学习教授式课堂所需要的技巧，因此不难想象，他们在理解一种新的学校教育方式时会存在困难。本书的目的是，通过展示不同的人设计学习环境和课堂的方式，来建立新的学习科学。

3

- **教师**阅读新的学习科学方面的知识，就能够使他们在课堂中更加有效率。
- **家长**阅读新的学习科学方面的知识，就能够对学校教育有全方面的了解。学习科学能够解释清楚教授主义何时是失败的，以及失败的原因，并能够提供可供选择的学习环境，这个学习环境当然是基于当代科学的。
- **管理者**阅读新的学习科学方面的知识，就能引导学校教育走向 21 世纪。
- **决策者**阅读新的学习科学方面的知识，有助于他们理解当前的课程、教师培训项目、标准化测试，以及展望未来。
- **专业人员**阅读新的学习科学方面的知识，就能明白为何有许多人在科学、技术、国际关系、经济以及其他基于知识的学科方面信息如此匮乏。
- **教育研究者**阅读新的学习科学方面的知识，就能发现他们自己的研究与学习科学有何关系，并且也能了解如何参与到未来学校的建设中。

首次将更多读者带入新的学习科学领域的不是本书，而是美国国家研究委员会的报告《人是如何学习的》，此报告于 1999 年首次出版，并于 2000 年再版(Bransford, Brown & Cocking, 2000)。《人是如何学习的》从比较高的层次、整体的角度介绍了学习科学；而本书则更深入、明确地阐述了如何对学校教育进行改革，并详细描述了自 1999 年以来已发生的重要进展。本书还特别描述了如何运用新的学习科学、计算机技术在课堂内外设计有效的学习环境。学习科学已经有 20 多年的历史了，本书的出版也成为了一种标志——科学界已经就学习的一些重要发现达成了共识。在科学研究的基础上重新设计学校教育，是一项艰巨而庞大的任务，这需要阅读过本书的所有人的参与，包括教师、家长、学校领导、决策者以及教育研究者等。

教育的目的与知识的性质

以往的教育研究，只是向教育工作者讲述完成课程目标的方法，却并没有在
4 制订目标方面给予教育工作者帮助。当学习科学家深入到课堂时，他们发现学校教育并没有教授旨在促进智力发展的深层知识（deep knowledge）。早在20世纪80年代，认知科学家就已发现，当学生学习深层知识并且清楚在真实世界和实际情况中如何运用这些知识时，知识会在学生头脑中保持得更持久，他们也能够将这些知识运用到更广泛的情境中（如表1.1）。不同学习科学家对深层学习有不同的见解，本书大部分章节将其视为深层知识的学习方式。

表1.1 深层学习与传统的课堂实践

深层学习（认知科学的发现）	传统的课堂实践（教授主义）
深层学习要求学习者在新旧知识、概念、经验间建立联系。	学习者没有在课程材料与他们的原有知识之间建立联系。
深层学习要求学习者将他们的知识归纳到相关的概念系统中。	学习者将课程材料视为不连贯的知识碎片。
深层学习要求学习者寻找模式和基本原理。	学习者记忆陈述性知识和程序性知识，却不理解为什么要这么做，也不知道怎么做。
深层学习要求学习者评价新的想法，并且能将这些想法与结论联系起来。	学习者遇到不同于课本中所讲述的问题时，不知如何解答。
深层学习要求学习者了解对话的过程，对话的过程就是知识产生的过程；还需要学习者能够批判地检查论据的逻辑性。	学习者将陈述性知识和程序性知识视为静态知识，认为这些知识只来自于权威著作。
深层学习要求学习者对其理解及学习的过程进行反思。	学习者仅仅记忆这些知识，并没有对目的和学习策略等进行反思。

学习科学的一大核心主题是，当学习者参与到同某一学科专家研究相似的日常活动中时他们就能学到深层知识。近年来，真实实践成为许多美国教育标准文件中的要旨。例如，历史科的改革提倡通过历史调查来学习历史，而不只是记忆事件的日期和顺序：运用历史学家们所用的历史分析和质疑的方法，来分析原始资料（National Center for History in the Schools，1996）。自然科学方面，美国国家科学教育标准（National Science Education Standards）要求学生参与到科学调查的真实实践中：建构解释，并准备论据来证明那些解释的正确性（National

Research Council, 1996, p. 105)。

为了更好地理解如何让学生参与到真实实践中，许多学习科学的改革都是基于专业实践研究的。

- 专业人员参与到调查研究中，在调查中他们以一个驱动性问题作为开始，接着使用学科特有的方法，对问题提出假设性的回答，然后收集论点并评价是支持还是推翻假设（Krajcik & Blumenfeld，见本书；Edelson & Reiser，见本书）。
- 专业人员在协作中运用复杂的表征相互交流（见本书第三部分和第四部分的章节）。
- 学生也应像科学家和数学家那样，利用一些具体的可视化模型（Lehrer & Schauble，见本书）。

对真实实践的关注，是基于对专门知识的一种新认识，这些专门知识是当今经济的知识基础。20 世纪八九十年代，科学家们开始研究自然科学本身。他们发现，新手成为某个学科的成员，是通过参与此学科重要的专业实践完成的。自然科学中的许多边缘工作都是多学科交叉完成的。基于此原因，学生就需要学习许多科学学科中运用的基本模型、机制并进行实践，而并非是学习教授主义课堂中孤立的、不连贯的知识。如在一个为期 6 周的教授主义课堂里，学生学习太阳系、光合作用以及力和运动，却从不涉及这些单元间的联系。

对知识工作者的相关研究显示，他们将专业技术运用到复杂的社会情境中时，经常使用一些先进的技术工具，也使用诸如铅笔、纸、粉笔、黑板等传统工具。这些报告使学习科学研究者对知识产生了一种**情境性**(situativity) 的观点(Greeno，见本书)。“情境性”是指知识并非是学习者头脑中静态的智力结构，而是一个包括人、工具、环境中的其他人以及运用知识的活动在内的认知过程。情境性的观点认为学习不仅仅是传递与获得概念。在学习活动中，除了获得内容，学习还包括长期协作活动中参与模式的改变（Rogoff，1990，1998）。这一系列的研究，促使学习科学家开始关注群体中儿童是如何学习的（见第五部分中的章节）。

当然，学生并不具备像经过高度训练的专业人员那样做事的能力：学习科学家们所说的让学生参与到真实实践中，指的是要建构与专家相似的真实、有意义的实践。学习科学研究最重要的目标之一是确认何种实践是适合学生参与和学习的，以及怎样设计学习环境才能适合不同年龄阶层的学生，而又不失专业实践的真实性。

学习科学的基础

学习科学在研究学习方面，综合了许多学科的方法。许多大学的学者在从事

学习科学方面研究，这些学者有来自教育院校的，也有来自计算机科学和心理学系的。我在以下五方面作了评论：建构主义、认知科学、教育技术学、社会文化研究、学科知识研究。

建构主义

20世纪60年代到70年代，让·皮亚杰（Jean Piaget）的著作给美国教育界带来了很大的影响。在皮亚杰之前，多数人都相信，儿童比成人的知识量少。皮亚杰提出了一种完全不同的理论：尽管儿童掌握的知识量比成人少，但对于学习，更为重要的一点是儿童的知识结构与成人的知识结构完全不同。换句话说，儿童与成人不仅在知识的量上有所不同，在质的方面也有不同。

到了20世纪80年代，研究者们证实了儿童的思维方式与成人不同这个基本论断。例如，教育研究者们发现儿童不能正确回答数学问题，不是因为他们学习不够努力，或是忘记了教科书上的知识；他们经常答错问题是因为他们考虑数学问题的方式与教育家们所期盼的方式不同，并且教师设计的数学教育也没有更正这些错误的理解。认知科学家们开始确认儿童“朴素数学”（naïve math）和“朴素物理学”（naïve physics）的认知特征，并且开始积累这些内容领域里人们所持有的典型迷思概念（diSessa，见本书；Linn，见本书）。该研究可促使学习环境的设计者们将学习与学生的已有知识和迷思概念联系起来。

6

建构主义解释了学生通过听教师讲授和阅读课本不能深刻学习的原因。学习科学研究深入地揭示了知识建构的基础。设计有效的学习环境，需要很好地理解儿童进入课堂时已掌握的知识。这需要对儿童的认知发展作深入研究，学习科学有赖于认知发展的心理学研究（例如，Siegler，1998）。

认知科学

许多学习科学家开始在跨学科领域——“认知科学”中进行这一研究。认知科学是一个融合了心理活动实验研究（传统的认知心理学）与计算机建模（传统的人工智能科学）的综合学科；此外，认知科学还需考虑到社会学和人类学的知识：日常生活环境中人们是如何使用知识的。1970—1980年期间，认知科学并没有为教育工作者提供帮助，因为它注重于实验室方法论，将学习者与学习情境相分离，忽视思考和获知（knowing）的过程，只关注事实和程序等静态知识（Kuhn，1990，p. 1）。到了20世纪90年代，认知科学中许多关键的概念已经成为学习科学的中心概念，在下文我们将讨论：**表征、专家、反思、问题解决、思维**等。

表征

认知科学的中心观点认为，智力活动是基于**表征**(representation) 的。表征是指概念、信念、事实、模式等知识结构。20 世纪 70 年代，认知科学家认为表征是来自于计算机存储技术的隐喻。大多数计算机语言的中心特征是指针(pointer)：即一个内存区域“指向”（point to）或“连向”（refer to）另一个内存区域的方法。根据这一基本观点，计算机程序员能够开发呈现层次结构的数据结构——最高层的结构包含了指向较简单、较低层结构的指针。例如，一间房子最简单的数据结构包含数百个变量，包括厨房下水道的类型、起居室睡椅的颜色等。但是，通过使用分层式数据结构，可以建成一个更复杂的数据结构，这个数据结构包含了每一个房间数据结构的指针，而每一个房间的数据结构包含了多样家具和装置的指针。这为我们提供了一个关于大脑里如何使知识呈现模块化的结构，这也是一个从计算机科学中借用的关于人类认知的隐喻。

专家的认知基础

20 世纪 70 年代，认知科学领域中一个惊人的发现是：在计算机上表征日常行为比表征专家（expertise）行为难很多。一些成功的人工智能（AI）程序已经在一些知识密集型领域模拟了专家行为，这些领域包括医学、制造、通讯、经济等(Liebowitz, 1998)。由于上述努力，在这些领域中，认知科学对专家（熟练者）的认知基础有了更多的了解。可是，对于日常生活的常识性行为，人工智能的计算机程序还是无能为力，虽然人工智能研究在如医学等知识密集的领域已经成功模仿了专家的复杂行为。

7

大量认知科学的研究表明，专家（熟练者）的专门知识是基于：

- 丰富的表征结构；
- 丰富的程序性知识和计划；
- 即时应用计划，以及调整计划来适应情境需求的能力；
- 对正在发生的自我认知过程进行反省的能力。

反思

关于专家的研究表明，与新手相比，专家更擅长规划和检查自己的工作——两者都是**反思性**(reflective) 活动。例如，写作专家能够一边写作一边大声说出思考的过程，他们在写作时，能制订目标和计划，并不断地作出反省和调整(Flower & Hayes, 1980)。而学生写作文时，不会将时间用于计划和反思（Burtis, Bereiter, Scardmalia & Tetroe, 1983)。其他学科中也有类似的研究结果。基于这些研究，学习科学研究者认为，学习就是通过使新手掌握专家那样的反思能力，从而将新手转变为专家。

柯林斯和布朗（Collins & Brown，1988）最早提出要将计算机用作支持反思的工具（Collins，见本书）。他们认为计算机可以记录专家的推理过程，这样新手就可以比较自己与专家的推理过程，使计算机成为支持这类反思不可或缺的工具。自那时起，一些学习科学项目开始强调用计算机支持反思。WISE（Linn，见本书）可以提供学生在进行科学论证时思考的论据及其用途。交互式教学（reciprocal teaching）（Palincsar & Brown，1984）帮助学生认识到当他们理解事物时应该反思的问题。知识论坛（knowledge forum）（Scardamalia & Bereiter，见本书）让学生在进行知识建构对话时，思考自己的行动和讨论。基于设计的学习（Kolodner，见本书）将反思和课堂活动整合在一起。

问题解决

认知科学家花了几十年去确定问题解决的认知基础。其中一个持续最久的理论认为，问题解决取决于人的心理所具有的**问题空间**（problem space）**表征**（Newell & Simon，1972）。问题空间的表征包含了关于概念、特定行为、外部世界的**信念**（beliefs）和**心理表征**（mental representations）。因而问题解决被看作是在问题空间中进行搜索，直到达到目标状态（goal state）的过程。知识工作大多需要问题解决，因此学习科学中众多的研究都把问题解决作为研究学习的基础。例如，柯丁格（Koedinger）的认知导师（见本书）认为在问题空间中可以使用**产生式规则**（production rules），科洛德纳（Kolodner）的基于案例的推理（见本书）认为可以使用案例查询和匹配运算规则。

思维

8

教育工作者常常强调高级思维技能的重要性，然而，强调思维技能的教育课程与训练通常不是基于科学研究得出的，而是根据直觉性的思维技能分类的。因此，他们无法科学而合理地回答为什么要传授那些思维技能的问题（Kuhn，1990）。自20世纪八九十年代始，认知心理学开始研究日常推理，即人们在日常生活中遇到不能很容易解决的现实问题时，是如何推理的（Voss，Perkins & Segal，1991）。他们也开始研究日常决策，发现大部分人都会犯日常思维错误（Baron，1985；Kahneman，Slovic & Tversky，1982）。与此同时，发展心理学开始研究人类思考策略——好的策略和不好的策略，以及在生命过程中这些策略如何发展。他们扩展了皮亚杰的观点，表明儿童思维和成年人思维存在区别。这个观点对基于学习科学的教育是非常关键的（Dunbar & Klahr，1989；Kuhn，1989；Schauble，1990）。

教育技术学

20 世纪 50 年代，斯金纳（Skinner）展示了他的教学机器，并宣称它们使教师“落后于时代了”（Skinner，1954/1968，p. 22）。第一个教育软件在 60 年代设计出来，是基于斯金纳的行为主义的。这些系统被称为计算机辅助教学（CAI），在今天仍在使用。到了 70 年代，一些人工智能研究者开始进行教育研究，设计智能导师系统和其他应用程序（Bobrow & Collins，1975；Sleeman & Brown，1982；Wenger，1987）。80 年代，认知科学家如罗杰·尚克（Roger Schank）和西摩·佩伯特（Seymour Papert）向外宣称计算机可以从根本上改革学校教育（Papert，1980；Schank，见本书）。到了 90 年代，政治家、家长和企业都达成强烈的共识：计算机应该进入学校教育（Cuban，2001）。90 年代期间，计算机和互联网进入教室得到了有力的推动，如美国联邦政府的 E-rate 计划（为每个学校支付联网的费用）。2003 年，美国 95% 的学校连接宽带，93% 的教室连入互联网，平均 4.4 人一台联网计算机。而在 1998 年是平均 12.1 人一台联网计算机，这是一个飞跃性的发展。（Parsad & Jones，2005）

可是，研究却让人失望。到 2000 年还没有一个研究能够证明，学生成绩的提高确实是因为应用计算机的结果。当研究者试图弄清楚为何计算机对教育的影响如此微弱时，他们发现学校仍然在使用教授主义的做法，而不是遵循学习科学的方法（Cuban，2001）。

学习科学家强调计算机能够承担起变革学习的强有力的角色。他们反对教授主义和行为主义以及基于这两者的 CAI，并展示了在课堂中使用计算机的新观点。学习科学研究者解释了为什么教育对计算机的期待和现实相差甚远。因为大部分教育软件都是基于教授主义和行为主义学习观的，计算机起到的作用和传统教师的作用一样，软件作为专家权威传递信息给学习者。相反，学习科学认为计算机最好能够支持学习者经历和体验深层学习行为。例如，帮助学习者与他人协作，反思知识发展。本书许多章节提到了下一代教育软件——完全基于学习科学，并与教师和学校紧密合作。计算机只是课堂变革的一部分，也只有在课堂上最能显示其作用。教育软件是学习科学的中心，因为个人电脑的可视化功能和处理能力可以支持深层学习：

- 计算机能够把抽象的知识用具体形象的形式进行表征；
- 计算机工具可以让学习者以可视化、言语化的方式表达自己的知识；
- 计算机能让学习者通过用户界面运用和修改他们正在学习的知识。计算机以一种复杂的设计过程支持同步的表达（articulation）、反思和学习；
- 计算机能支持视觉、听觉相结合的反思模式；
- 互联网能让学习者分享、整合他们的理解，并从协作学习中获益。

社会文化的研究

人工智能经历了20世纪70年代的爆发，到了80年代则遇到了寒冬时代（the AI winter）。这方面的许多学者开始认识到在计算机上表征人类智能几乎没有可能。研究者开始反思为什么认知科学发展出现了停滞？回答这一问题需要从**社会文化、情境化、分布式认知**（distributed cognition）等相关研究取向进行考察（Greeno，见本书；Salomon，1993）。社会文化研究者从观察人类认知行为开始，发现认知行为是在一个由工具、机器、合作者、伙伴等组成的复杂环境中发生的。在这一传统研究中，一些最重要的研究是观察儿童如何在非学校情境中学习，如儿童如何学会母语、文化规范和文化习俗，学徒如何在工作中学习。另一些有意思的研究项目按照这一思路，关注的是非西方社会中的非正式学习（Cole，1996；Lave，1988；Rogoff，1990；Saxe，1991）。同样，一些颇具影响的研究探究了知识的社会分布属性，包括航海模拟研究（Hutchins，1995）、伦敦地铁控制室（Heath & Luff，1991）、办公系统研究（Suchman，1987）和航空管制塔研究（Hughes et al.，1988）。上述研究揭示了在正式学校教育之外，学习几乎都发生在复杂的社会环境中，如果认为学习只是一个发生在孤立学习者头脑中的思维过程，那么我们就很难真正理解学习。

社会文化研究方法对学习以及相关领域的影响有如下几个方面：

- 人工智能：随着20世纪80年代到90年代网络技术的发展，人工智能开始强调分布式认知。
- 认知心理学：开始研究团队合作（teamwork）、协作、群体动力学以及认知发展中社会情境的作用。
- 教与学：开始研究课堂中的协作、学生小组中的协作对话以及项目小组。

知识工作的性质

为了防止温室效应，我们应该减少汽车排放废气吗？我们可以发展有关干细胞的研究吗？我们可以在课堂里面教进化论和神创论吗？当今时代这些社会热点话题反映了民间并没有采纳科学的研究成果。美国国家科学教育标准（National Research Council，1996）认为：美国人在日常生活中需要根据科学的信息和思维方式进行决策的机会越来越多（p. 11）。

10

20世纪初，主要的工业国家均认识到科学技术在其快速发展中所起到的作用，一些学者开始分析科学知识的性质。20世纪上半叶，哲学家认为科学知识来自于对世界的表述和应用这些表述的逻辑操作。这种思想被称为**“逻辑实证主义”**（logical empiricism）（McGuire，1992；Suppe，1974）。逻辑实证主义加上

行为主义和传统的课堂实践，于是得到了教授主义的教学方法：专业知识包括陈述性知识和程序性知识；教学就是向学生传播事实和程序。

到了 20 世纪 60 年代初，社会学家、心理学家、人类学家开始研究科学家是如何工作的，他们逐渐发现科学知识不仅仅是对世界的表述和逻辑操作，在他们看来，科学知识包括科学研究的方法和深层知识的模型，并且两者通过解释原理（explanatory principles）连接为一个整体性概念框架。科学实践包括实验、反复试验、假设检验、辩论和论证。科学工作也不是一个人的工作和研究，而是与科学家共同体及同行合作开展研究；还要批判地审视其他科学工作者的主张，思考怎样支持自己的观点，怎样向他人表达自己的见解。

根据这种观点，科学知识是情境性的、实践性的、通过协作产生的。传统的科学课堂内的讲授及一步一步的实验，完全无视科学知识的上述性质。但这种科学知识对普通民众却是非常有用的，比如在报纸上读到关于一种新药品的报道，在与医生讨论即将接受的手术的潜在风险，或者评估街坊的一项新的开发会否带来健康隐患等场合会用到这种知识。

这种对专门知识的新看法也同样适合于科学研究领域外的知识。例如，从事扫盲的学者发现高级读写能力不仅仅是知道词语的字面意思，而且包括如何阅读食谱、浏览某产品的分类广告和给同事写电子邮件等复杂情境的操作（Palincsar & Ladewski，本书）。社会科学教育者发现，历史学家之所以是专家，是由于他们知道如何从事历史探究与论证等复杂的实践活动。

学习中的过程

学习科学所关注的焦点是：在一个学习环境中正在发生什么，以及学习环境是如何提高学生的学习绩效的。学习环境包括人（教师、学习者和他人），计算机及其扮演的角色，建筑、教室的布局和环境中的自然物体，以及社会和文化环境。关键的问题有：学习是如何发生的？不同的学习环境是怎样对学习产生影响的？我们应当怎样改进学习环境来促进学习？有些研究者研究学习环境中的具体成分——软件设计、教师应当担任的角色或每个学生参加的具体活动。其他研究者则把学习环境当作一个系统来考察：教师、计算机软件或其他学生应当如何支持某个学生的学习？我们怎样创造出一种文化氛围，让学生有置身于“学习共同体”的感觉？我们如何设计学习材料和活动，使学生能保持兴趣并持续关注他们从事的活动？

学习是如何发生的：从新手到专家的转变

11

早期的认知科学研究成果之一是对知识工作的周密研究。许多人工智能研究

者通过访谈和观察专家行为，希望能够用计算机程序来模拟专门知识。为了能够用程序模拟专业知识，研究者必须对构成专业智慧的知识本质属性进行详细的描述。当那些研究者开始对教育感兴趣时，他们还得再转个弯：专家们是怎样获得那些专业知识的？从新手到专家的转变，学习者经历了怎样的心智阶段？这些问题都属于认知发展研究的范围，有许多研究者将发展心理学与认知心理学结合起来，现在认知发展理论已经成为学习科学的重要基础。

学习科学家将研究的焦点放在构成知识工作的专门知识上，他们研究新手是怎样思考的，有哪些迷思概念；然后，再设计课程，通过最有效的途径最终将学习者的那些迷思概念转为专家概念。

学习是如何发生的：原有知识的利用

指导学习科学研究的一项非常重要的发现就是：学习总是在原有知识背景下发生的，学生进入课堂时，并不像一个空容器等着被填满，而是带着对现实世界各种各样的半成型的观点和迷思概念——有时又被称为"朴素物理学"、"朴素数学"或"朴素生物学"。许多认知发展学者研究了儿童的世界观，即从学前到早期学校教育阶段的学生对世界的理解是怎样发展的。从这项研究所得出的关于认知发展的基本知识对于学校改革是至关重要的，这样改革就建立在基本的学习科学基础之上。

教授主义课程是从行为主义学者的假设发展起来的，他们认为儿童进入学校时不持有任何想法，学校的作用就是用知识填满学生头脑。但是，教授主义课程在学习科学发现儿童是如何思考以及他们带到课堂的是何种知识结构之前，就已经设计好了。

促进更好的学习：脚手架

学习科学的基础之一就是建构主义。学习科学已经令人信服地证明：当儿童积极参与自我知识建构时，他们对知识理解会更深、更概括，动机更强。学习科学研究得到了非常具体的成果：这些研究成果是关于学习环境中应该提供什么支持来促进学习者有效地建构自己的知识。

为了便于描述促进深层学习需要提供哪些支持，学习科学家引用了"**脚手架**"（scaffolding）这个术语。脚手架专门为学习者定制，用来及时帮助学习者达到其学习目标。最好的脚手架应是能提供帮助以促进儿童学习的。例如，告诉某人怎样做某事或替他们做，这也许可以帮他们完成当前的目标，但这不是一个好的脚手架，因为儿童没有积极参与到知识的建构中。与此相反，有效的脚手架通过提供提示与线索来帮助学习者自己解决问题。有效的学习环境能给学生搭建脚

手架，帮助其积极建构知识，就像工地上用脚手架支撑建筑物一样。当建筑工人为了登得更高时，需要搭建另外的脚手架，并且在竣工之后，可以拆掉脚手架。在有效的学习环境中，应根据学习者的需要逐渐增加、修正或撤去脚手架，直至最终完全拆除脚手架。 12

促进更好的学习：外化和表达

学习科学家发现，当学习者外化并表达自己正在形成的知识时，学习效果会更好（Bransford, Brown & Cocking, 2000）。这个过程听上去简单，做起来却很复杂，因为学习者并不是第一次学习某一知识后就能把它清晰表达出来。相反，最好的学习方式是，学习者在知识尚未成形时就开始尝试进行表述，并一直贯穿于整个学习过程，这样，学习与表达得以在反馈中相互加强，齐头并进。许多情形下，当学习者开始清晰表达某个知识时，他们才真正学会了——换句话说，学习者出声思考比安静学习学得更快、更深刻。

20 世纪 20 年代苏联心理学家维果茨基（Lev Vygotsky）最先研究了这个有趣的现象。70 年代，（西方）教育心理学家也开始注意到同样的现象，于是维果茨基的著作逐渐被翻译成英语和其他语言，维果茨基也因此被认为是学习科学的理论奠基者之一。维果茨基对表达的教育价值解释是基于心智发展理论的：他认为所有的知识都始于可视化的社会交互，然后慢慢被学习者内化并形成想法。对于这个内化过程的准确属性，学习科学家争论颇多，但是不管这些争论的细节如何，有一点却是共识，即认为学习者之间的协作和对话是很关键的，因为它使学习者从清晰表达中获益。

学习科学研究中最重要的主题之一是，怎样支持学生的表达过程，哪种表达的形式对学习最有益。学习科学发现，如果表达是"以脚手架为渠道"的形式，效果会更好，这样知识可以清晰地表达出来，进而以某种确定的形式促成有效的反思。学生需要帮助才能表达自己正在发展的理解，他们还不知道如何对自己所思所想进行思考，也不知道如何谈论自己的想法。

促进更好的学习：反思

表达对学习很有帮助，其中的一个原因就是：它产生了可能的**反思**或**元认知**（reflection or metacognition）——对学习过程和知识的思考过程。学习科学已经反复证明了反思在深层理解学习中的重要性。人们设计了许多学习科学课堂来培养反思能力，其中大部分通过为学生提供学习工具来培养他们的反思能力，这些工具使学生能更容易表达正在形成的观点。一旦学生表达了自己正在形成的观点，学习环境就应当支持学生反思他们刚刚表达过的知识。学习科学研究的重要

主题之一是如何支持学生进行有效的教育反思。

促进更好的学习：从具体知识到抽象知识的建构

发展心理学家皮亚杰的一个著名发现是，学习的正常过程始于较为具体的信息，进而逐渐变得较为抽象。在19世纪60年代和70年代，皮亚杰学说对学校教育的影响，导致了“教具”的广泛使用，如在数学课堂中使用积木与彩色木棒。当然，并不是学校里教的每个重要的抽象概念都能用积木呈现，但是计算机图形软件可以使非常抽象的概念以一种复杂精致的可视化形式来呈现。

13 学习科学吸收了皮亚杰的原创见解，并开发了计算机软件以可视化的形式呈现更多类型的知识，甚至一些非常抽象的学科练习、科学论点的结构（Andriessen，见本书）、科学探究的具体步骤过程，都可以在计算机里以可视化的形式呈现出来（Edelson & Reiser，见本书）。

在使抽象知识具体化的过程中，计算机系统也会在学生表达抽象概念知识时提供脚手架；他们的表达可以可视化或图形化，而不仅仅简单地以言语形式呈现，并且在许多情形下，概念的可视化和空间理解先于言语化的理解，并能够帮助促进言语化理解（例如，Schwartz & Heiser，见本书）。

设计科学

作为关注有效学习环境的研究者，学习科学家会关注这些问题：如何测量学习？如何判断哪个学习环境最有效？如何分析一个学习环境，并识别其中的创新之处及需要改进的环节？即如何整合利用学习科学知识来设计最有效的学习环境？这些都是教育科学研究中的基本问题（Shavelson & Towne，2002）。

科学研究的标准方法是**实验设计**(experimental design)。学生被分配到不同的学习环境，开展实验研究。但是，大多数研究仅仅是把大致相似的学生分成两组：实验组和控制组，然后对比两组学生的具体情况，看哪些学生学得多、学得好。实验研究方法回答不同教育方法相对的优势。可是，当问到诸如这个方法好在哪（为什么这一方法获得了成功），它是如何发挥作用的，教室中的活动是如何一步步促成学生的学习等问题时，它就无能为力了。通过对这些课堂活动进行研究，我们可以通过不断修正来改进教学方法。为了理解学习过程，学习科学采用各种方法论的组合。本书将分别介绍教室内的比较实验、认知心理学的实验研究、用社会学和人类学方法论进行的社会性交互研究以及一种被称为**“设计研究”**（design research）的混合方法论（Barab，见本书；Confrey，见本书）。

学习科学发现深层学习发生在复杂的社会和技术环境中。为此，所采用的方法包括：民族志（源于人类学）、民俗方法学、对话分析（源于社会学）和社会

文化心理学（源于发展心理学）。民族志方法的主要贡献者和学者有：露西·萨奇曼（Lucy Suchman）、埃德·哈钦特（Ed Hutchins）、珍·莱夫（Jean Lave）。他们很早就精确记录下学习是如何在共同体的日常活动中发生的（Hutchins，1995；Lave，1988；Scribner & Cole，1973；Suchman，1987）。

大多数学习科学的研究者为了仔细研究学习过程，利用大量的录像记录现场情况，带回研究室进行分析，这种方法论就是所谓的“**交互分析**”（interaction analysis）。这种方法希望发现：（1）学习者伙伴之间的关系、交互模式，以及这些关系和模式随时间推移会如何变化；（2）学习者参与的实践，即个人和小组解决问题的程序，随时间推移有何变化；（3）在这一过程中，只有沿着上述两种变化过程才能理解个人的学习。 14

深层知识并非是单节课堂中的教学可以习得的，为此，学习科学研究者常常经历一年甚至数年持续开展研究（Lehrer & Schauble，见本书）。在研究过程中，学习科学家不断地聚焦再扩展、扩展再聚焦地变换研究视野，即不断地对单节课堂活动进行微观研究，分析其对深层概念理解的长期发展的作用。

学习科学研究是复杂而艰难的研究。典型的学习科学研究项目最短需要一年，这期间研究者需要紧密协同教师和学校共同改变学习环境，预留时间以使环境改变的效果显现出来，并深入现场观察学习是如何逐步发生的。有些项目需要跟踪学习者数年，或者教师连续数年在课堂中引进新型活动和软件工具，那么研究项目也同样需要跟踪以观察实验结果。而当几年的观察结束之后，艰巨的工作才刚刚开始，因为研究者需要观看大量的录影带（很多时候是以数百小时计的），反复地看，有些还需要转录以作更细致的分析，包括大量编码和统计分析。

学习科学出现的领域

1970—1980 年期间，为了能够更好地促进人类学习，很多认知科学研究者开始利用人工智能技术设计并开发学习软件（例如，Bobrow & Collins，1975；Sleeman & Brown，1982）。在此期间他们发起了“人工智能与教育”大会（AI and Education），该会议至今仍有召开。1978 年西北大学决定对这一领域进行投资，首先聘请耶鲁大学的尚克成立学习科学研究所（ILS，the Institue of the Learning Science）。同一时期，布朗、格里诺（Greeno）和施乐公司的 CEO 卡恩斯共同成立学习研究所（the Institute for Research on Learning）；范德比尔特（Vanderbilt）大学学习与技术中心（Center for Learning and Technology）应用认知科学的知识与先进的技术开发课程。麻省理工学院佩伯特的 LOGO 小组，开发了支持建构主义学习的计算机环境。

1989 年夏天，尚克、柯林斯和奥托尼（Ortony）等人开始探讨创办一个关注认知科学教育应用的期刊，于是 1991 年 1 月《学习科学期刊》（*The Journal of*

Learning Sciences）创刊，科洛德纳担任这本新杂志的编辑。同年在西北大学的学习科学研究所召开了人工智能与教育大会，尚克认为这是关于学习科学的第一次国际会议。可是，学习科学共同体和人工智能与教育共同体所关心的内容逐渐发生分歧：人工智能与教育共同体关注如何利用人工智能技术设计辅助系统和其他教育工具；而学习科学界更关注现实环境中的学习，以及按照学习者需求设计、开发软件，至于是否应用人工智能不是重点。例如，学习科学主要关注的是支持表达、反思和合作所需要的技术，而当时的人工智能却不考虑这些问题。由此，第二届学习科学国际会议（1996 年）后两派研究者各起炉灶。此后该国际会议每两年召开一次，同时计算机支持的协作学习（CSCL）会议也在其间举行。2002 年，国际学习科学协会（ISLS，International Society of the Learning Sciences）成立，它至今仍是策划 ICSL 和 CSSL 会议的组织，为《学习协会期刊》（*Journal of the Learning Society*）提供智力支持，并为《计算机支持的协作学习国际期刊》
15 （*International Journal of Computer Supported Collaborative Learning*，http://www.isls.org）提供资助。

结论

自从现代学校教育开展以来，人们对教育是一门科学还是一门艺术这个问题就一直争论不休。科学语言使得有些教育者感到不安。我们都能记得优秀教师的技艺（artistry），这类教师总能让每个学生都表现得比他们自己想象的要好。教师们很清楚自己的工作是何等复杂——每时每刻，都有上千件不同的事情在发生，即使存在能截取所有片断并进行简化分析的科学研究方法，也很难让我们理解所有正在发生的事情；过去，科学家们在大学的实验室里研究学习，然后从象牙塔里把他们的见解发表出来，期望教师们毫无质疑地接受这些见解，这样的研究方式是没有前途的。

与这些先前进行的教育研究不同，学习科学家花费了大量时间到中小学里——我们当中很多人在成为研究者之前都是全职教师。并且学习科学家都致力于促进课堂的教与学——许多人是每周都在学校，与一线教师和社区人员一起工作。有些甚至辞去大学里的职务回到课堂中去，在教师旁边指导并研究如何使那些理论在实践中发挥作用。总之，这是一种新的科学，旨在为教育提供坚实的科学基础。

致谢

在此我对珍妮特·科洛德纳（Janet Kolodner）和罗伊·皮（Roy Pea）对本章提供的建议、评论和历史细节表示感谢。

参考文献

Baron, J. (1985). *Rationality and intelligence.* New York: Cambridge.

Bereiter, C. (2002). *Education and mind in the knowledge age.* Mahwah, NJ: Erlbaum.

Bobrow, D. G., & Collins, A. (1975). *Representation and understanding: Studies in cognitive science.* New York: Academic Press.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school.* Washington, DC: National Academy Press.

Burtis, P. J., Bereiter, C., Scardamalia, M., & Tetroe, J. (1983). The development of planning in writing. In B. M. Kroll & G. Wells (Eds.), *Explorations in the development of writing: Theory, research, and practice* (pp. 153 - 174). New York: Wiley.

Cole, M. (1996). *Cultural psychology: A once and future discipline.* Cambridge: Harvard.

Collins, A., & Brown, J. S. (1988). The computer as a tool for learning through reflection. In H. Mandl & A. Lesgold (Eds.), *Learning issues for intelligent tutoring systems* (pp. 1 - 18). New York: Springer.

Cuban, L. (2001). *Oversold and underused: Computers in the classroom.* Cambridge, MA: Harvard.

Drucker, P. F. (1993). *Post-capitalist society.* New York: Harper Business.

Dunbar, K., & Klahr, D. (1989). Developmental differences in scientific discovery strategies. In D. Klahr & K. Kotovsky (Eds.), *Complex information processing: The impact of Herbert A. Simon* (pp. 109 - 143). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Flower, L., & Hayes, J. R. (1980). The cognition of discovery: Defining a rhetorical problem. *College Composition and Communication*, 31, 21 - 32.

Heath, C., & Luff, P. (1991). *Collaborative activity and technological design: Task coordination in the London Underground control rooms.* Paper presented at the Proceedings of ECSCW '91.

Hughes, J. A., Shapiro, D. Z., Sharrock, W. W., Anderson, R. J., & Gibbons, S. C. (1988). *The automation of air traffic control* (Final Report SERC/ESRC Grant no. GR/D/86257). Lancaster, UK: Department of Sociology, Lancaster University.

Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild.* Cambridge: MIT Press.

Kahneman, D., Slovic, P., & Tversky, A. (Eds.). (1982). *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases.* New York: Cambridge.

16

Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674 - 689.

Kuhn, D. (1990). Introduction. In D. Kuhn (Ed.), *Developmental perspectives on teaching and learning thinking skills* (pp. 1 - 8). Basel: Karger.

Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics, and culture in everyday life.* New York: Cambridge.

Liebowitz, J. (Ed.). (1998). *The handbook of applied expert systems.* Boca Raton, FL: CRC Press.

McGuire, J. E. (1992). Scientific change: Perspectives and proposals. In M. Salmon, J. Earman, C. Glymour, J. Lennox, P. Machamer, J. McGuire, J. Norton, W. Salmon, & K. Schaffner (Eds.) *Introduction to the philosophy of science* (pp. 132 - 178). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

National Center for History in the Schools. (1996). *National standards for history.* Los Angeles, CA: National Center for History in the Schools.

National Research Council. (1996). *National science education standards.* Washington, DC: National Academy Press.

Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Palincsar, A. S., & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension fostering and comprehension monitoring. *Cognition and Instruction*, 1 (2), 117 - 175.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerfulideas.* New York: Basic Books.

Papert, S. (1993). *The children's machine: rethinking school in the age of the computer.* New York: BasicBooks.

Parsad, B., & Jones, J. (2005). *Internet access in U. S. public schools and classrooms*: 1994 - 2003 (NCES 2005 - 015). Washington, DC: National Center for Education Statistics.

Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context.* New York: Oxford University Press.

Rogoff, B. (1998). Cognition as a collaborative process. In D. Kuhn & R. S. Siegler (Eds.), *Handbook of child psychology, 5th edition, Volume 2: Cognition, perception, and language* (pp. 679 - 744). New York: Wiley.

Salomon, G. (Ed.). (1993). *Distributed cognitions: Psychological and educational considerations.* New York: Cambridge.

Saxe, G. B. (1991). *Culture and cognitive development: Studies in mathematical understanding.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Schauble, L. (1990). Belief revision in children: The role of prior knowledge and strategies for generating evidence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49, 31 - 57.

Scribner, S., & Cole, M. (1973). Cognitive consequences of formal and informal education. *Science*, 182 (4112), 553 - 559.

Shavelson, R. J., & Towne, L. (2002). *Scientific research in education.* Washington, DC: National Academy Press.

Siegler, R. S. (1998). *Children's thinking.* (Third ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Skinner, B. F. (1954/1968). The science of learning and the art of teaching. In B. F. Skinner (Ed.), *The technology of teaching* (pp. 9 - 28). New York: Appleton-Century-Crofts. (Original work published in 1954 in the *Harvard Educational Review*, Vol. 24, No. 2, pp. 86 - 97).

Sleeman, D., & Brown, J. S. (Eds.). (1982). *Intelligent tutoring systems.* New York: Academic Press.

Suchman, L. A. (1987). *Plans and situated actions: The problem of human-machine communication.* New York: Cambridge University Press.

Suppe, F. (1974). The search for philosophic understanding of scientific theories. In F. Suppe (Ed.), *The structure of scientific theories* (pp. 3 – 241). Urbana, IL: University of Illinois Press.

Voss, J. F., Perkins, D. N., & Segal, J. W. (Eds.). (1991). *Informal reasoning and education.* Mahwah, NJ: Erlbaum.

Wenger, E. (1987). *Artificial intelligence and tutoring systems: Computational and cognitive approaches to the communication of knowledge.* San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.

第一部分

基 础 理 论



第2章

跨学科的学习科学的基础和机遇

约翰·D. 布兰斯福德，布里吉德·巴伦，
罗伊·D. 皮，安德鲁·梅尔特佐夫，
帕特里夏·库尔，菲利普·贝尔，
里德·史蒂文斯，丹尼尔·L. 施瓦茨，
南茜·维耶，比尔林·瑞伍斯，
杰里米·罗斯切利，诺拉·H. 萨贝尔

在这一章中，我们将讨论学习科学在“十年协作”（decade of synergy）中的平稳发展。我们将关注几个主要的理论与研究流派，探究它们彼此影响并改变我们对学习科学的看法以及未来教育者和科学家培养方式的可能性。

我们主要关注三条研究主线：（1）**内隐学习与大脑**(implicit learning and the brain)；（2）**非正式学习**(informal learning)；（3）**正式学习与非正式学习的设计**(design for formal learning and beyond)（如图 2. 1A 所示）。这三个领域的研究基本上是各自独立进行的，在此过程中，研究者直接把他们的观点与发现应用到教育中，但在理论和其对实践的影响之间常常没有紧密的关联。

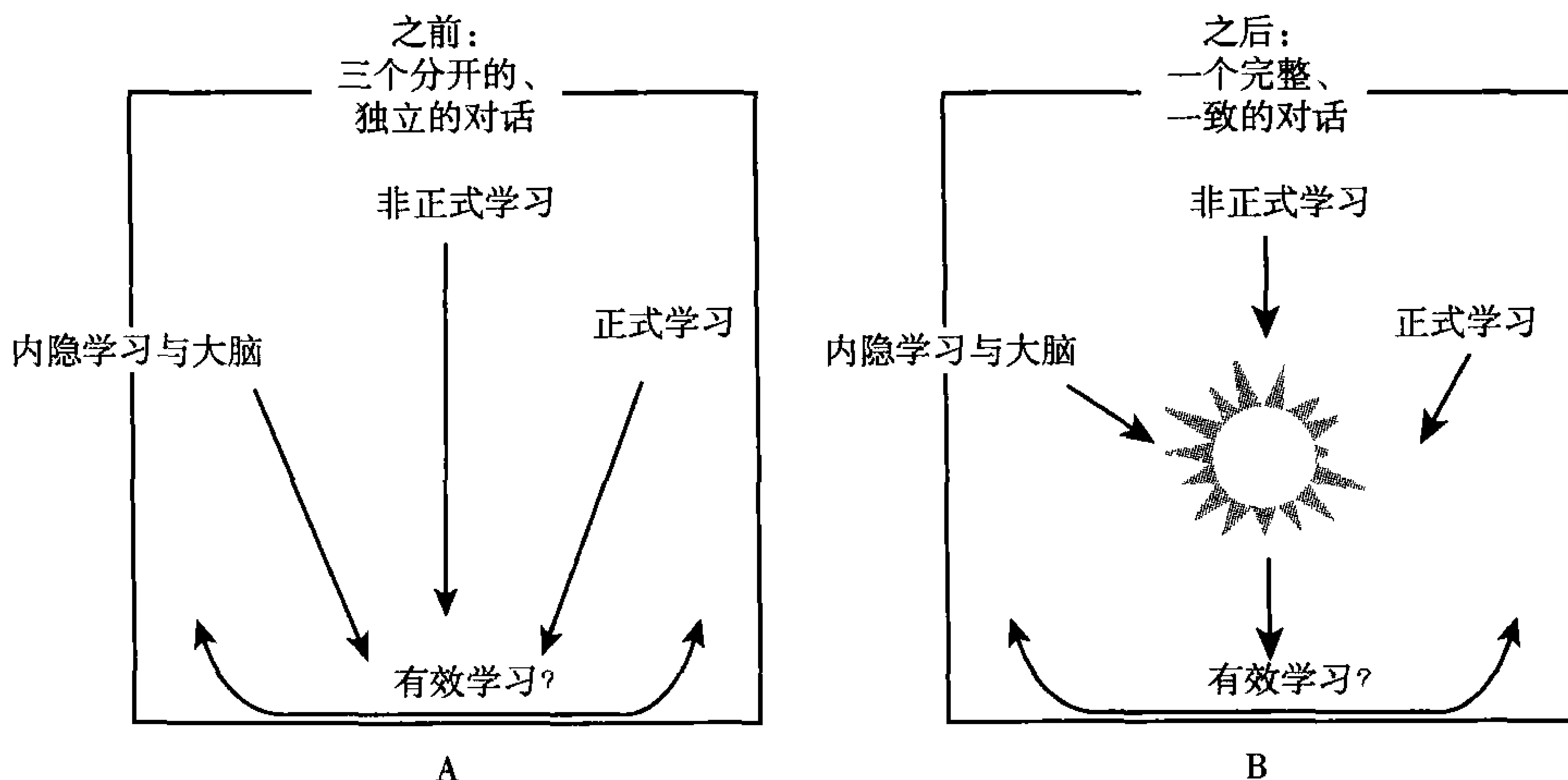


图 2. 1　针对一个完整一致的对话

将来自这些研究主线的观点整合起来的目的是创造一种新型的学习理论（如图 2. 1B 所示）。要正确理解与促进人类学习，需要同时关注正式与非正式的学习环境，以及人们在各种情境中的内隐学习方式。我们探究了这三条主线中的一些研究实例，并提出学习科学如何借鉴这些研究以更加深入地理解学习，以便我们在设计学习环境时进行参考，从而使学生在飞速发展的 21 世纪中取得成功（例如，Darling-Hammond & Bransford，2005；Vaill，1996）。

内隐学习与大脑

内隐学习是指那种轻易地获取复杂信息的学习（无须有意识地付出努力），并且获得的知识很难用语言表达出来。（例如，Berry，1997；Cleeremans，Destrebecqz & Boyer，1998；Reber，1967）。虽然内隐学习的种类很多，但它们大多包含一个共同的过程：对事件共变（covariation）方式的快速、省力、自主的探知（Reber，1993）。

20 内隐学习遍布多个领域，例如它会影响社会态度以及与性别和种族有关的刻板印象（Greenwald，Banaji，Rudman，Farnhamd et al.，2002）、视觉学习方式（Musen & Triesman，1990）、运动反应时任务（Nissen & Bullemer，1987）、句法学习（Reber，1976）、语音学习（Goodsitt，Morgan & Kuhl，1993；Kuln，2004；Saffran，Aslin & Newport，1996），还有儿童对工具、制品、行为以及习俗、礼仪等文化现象的模仿学习（Meltzoff，1988a；2005；Rogoff et al.，2003；Tomasello，1999）。内隐学习具有教育、进化的价值，因为它能够使个体通过聆听、观察以及与周围的人和物的互动来适应环境，哪怕是没有正规的教学或意识参与。

神经科学能给学习研究带来什么？

对大脑与行为之间关系的研究已经有很长的历史了。人们将 20 世纪 90 年代称为“脑的十年”，神经科学的研究在这一时期发生了巨大的飞越。目前检测大脑活动的三种主流方法是：（1）ERPs（Event-Related Potentials，事件相关电位）：追踪大脑皮层中电位的变化；（2）fMRI：追踪大脑中血液的流动；（3）MEG：追踪大脑中磁场随时间的改变。

教育者和决策者很快意识到利用神经科学方法研究心理活动在教育中的应用前景。1996 年 7 月，州教育委员会（the Education Commission of the States）和达纳基金会（the Dana Foundation）集中这两个领域的权威者举行了一个名为“**架设神经科学与教育的桥梁**”（Bridging the gap between neuroscience and education）的会议。尽管许多人认为神经细胞和课堂教学的差距太大了，也就是说这座桥梁可能跨度太大（Bruer，1997），但从那时起，拉近两者距离的研究就已经开

始了。

将认知神经科学纳入学习科学的原因有三个。第一，成熟的学习科学不但要知道学习的产生，而且要明白**怎么样**产生，**为什么**产生。神经科学的研究揭示了学习的内在机制和生理基础，加深了我们对学习产生的认识。第二，fMRI、ERPs 和 MEG 的结合为揭示记忆与学习的脑机制，以及相关功能区在大脑中的位置提供了有用的信息。第三，由于这些技术的灵敏性，神经科学的研究也许会对理解学习的个体差异提供帮助。认知神经科学家通过观察人的行为窥探到行为的产生机制，把脑科学和行为数据结合起来的研究会丰富我们对学习的认识（Gopnik，Meltzoff，& Kuln，1999）。

一些基本的脑科学发现及其意义

有这样一种普遍的错误认识：每个人在出生时大脑就成形了，行为的脑机制揭示的是人类认知中固定的方面，而发展中的经验对大脑本身的生理发育具有重要的影响。威廉·格林诺夫和他的同事（Greenough，Black & Wallace，1987）就环境对大脑的影响进行了前沿研究，他们将老鼠置于不同环境，并研究环境对鼠脑中突触形成的影响。其中一些老鼠在摆满了玩具和障碍物的复杂环境下共同生活，另一些则单独生活在没有玩具的小笼子里。他们发现在复杂环境下的老鼠在学习上表现得比较优秀，它们大脑皮层神经元上的突触会比处于简单环境下的老鼠多 20%—25%。因此，大脑的发展是一种“经验期待”（experience expectant）——进化已使神经系统在特定时期对环境的信息输入产生“期待”（expect）。

21

这些信息可以让动物获得与它们所处的特定环境相对应的知识。这些实验证实，“资源丰富的环境”（rich environment）包括提供大量的社会互动、直接接触环境的机会和各种供它们玩耍与探索的对象。

学习的关键期假设

一些脑科学研究者曾假想人类的大脑有个在特定时间内学习某类知识的预设（preprogrammed）机制，即所谓的**关键期**（critical period）。但最近的脑科学研究开始质疑这个简单化的发展观点。例如，新的脑科学研究显示，视觉、听觉、语言系统的关键期存在巨大差异。即使在不同的系统内，越来越多的证据证明大脑远比之前假设的更具有可塑性，并且严格的“关键期”并不存在。

库尔及其同事对早期语言开发关键期的潜在机制进行了探索（例如，Kuhl，Conboy，Padden，Nelson et al.，2005；Rivera-Gaxiola et al.，2005）。这项研究是基于控制语言模块的**神经束**（neural commitment）的观点。他近期对神经生理学和脑成像的研究显示，语言的获得与婴儿时期神经网络的开发有关，包括对婴儿

早期听到的语言信号的特定属性进行聚焦（focus on）与编码，最终形成能够分析这些语言模式的神经组织。库尔认为，早期学习形成的神经束模式会限制此后的学习；负责母语语言模式识别的神经网不会帮助非母语语言模式的识别，甚至有可能会妨碍它们的分析（Iverson，Kuhl，Akahane-Yamada，Diesch et al.，2003；Kuhl，2004；Zhang，Kuhl，Imada，Kotani et al.，2005）。如果非母语模式因为不符合母语模式神经束已经形成的“神经过滤器”而导致后者干扰前者的编码的话，那么个人早期的母语学习就会限制其对第二语言的习得。基于此观点，所谓的“关键期”除依赖于时间外，也依赖于**经验**(experience)，它是一个**过程**(process)，而不是一个在成长过程中定时开关的窗口。

研究人员普遍认为是学习导致了我们对视、听觉刺激进行感知的神经束的形成。当处理特定的数据集时，神经建立连接，使得大脑可以理想的方式处理这一输入信息（例如，人的母语），从而改变了大脑。神经束扮演了一个影响后续处理的过滤器角色（Cheour et al.，1998；Kuhl，1991；Kuhl，Williams，Lacerda，Stevens et al.，1992；Naatanen，Lehtokoski，Lennes，Cheour et al.，1997），它的结果是习得材料得到高效率的处理（Zhang et al.，2005）。语言（Language）是研究得最多的，因为神经中枢的过滤器在各个阶段都影响着语言处理过程，它使得成年人的母语处理效率很高，而对第二语言处理则较为困难（Strange，1995）。在成年时期，第二语言学习者必须克服大脑的约束来形成新的神经网络。

神经束形成前的幼年学习：神经可塑性

在最近的一个关于婴儿大脑如何能保持开放，并形成不止一个语言经验的“神经过滤器”的例证中，库尔和他的同事进行了实验，让留学的中国研究生们陪9个月大从未听过汉语的美国婴儿玩耍并用汉语对他阅读，来看看这些美国婴儿能否通过这一方式学习汉语发音（Kuhl，Tsao & Liu，2003），这些9个月大的美国婴儿在通过12个训练期内听4个中国人说普通话，跟他们读书和玩耍后，与没有进行过同类实验的婴儿进行汉语语音测试比较，看置身于外语语境会否导致婴儿出现惯常的对外语感知的衰退。结果发现这些婴儿与一个只学英语的婴儿对照组存在着显著的差异，而这些美国婴儿与生活在中国台湾的汉语语境中11个月大的中国婴儿相比，差异同样显著。这项研究表明，在婴幼儿期，婴儿能自然地从自然语言情境中学习。

儿童内隐地向别人学习：模仿学习

儿童在非正式环境下通过观察和模仿学到了许多东西，这对父辈与子辈间、同龄群体间的文化传递十分重要。关于模仿学习的实验室研究已经进行了新的改

革，研究结果显示人类是地球上最会模仿学习的动物（Meltzoff & Moore，1997），这种模仿能力与生俱来，并且人类从模仿中学习的能力远在其他灵长类动物如猴子、猩猩之上。（Povinelli，Reaux，Theall & Giambrone，2000；Tomasello & Call，1997；Whiten，2002）

近来，“镜像神经元”（mirror neurons）的发现强调了模仿学习的重要性，反射神经元无论在个体完成一个动作还是看到其他人完成一个动作时都会处于兴奋状态（例如，Rizzolatti，Gadiga，Fogassi & Gallese，2002；Maltzoff & Decety，2003）。当然，模仿学习涉及的远不止反射神经元的存在，神经科学家正尝试去确认是哪些特殊能力——比如观点采择（perspective taking）和识别其他人的能力——使人类形成了通过观察向别人学习的倾向。

大量的研究表明，儿童通过模仿学习到大量关于人和文化制品的知识，而且影响他们学习的除了父母，还有同龄人群以及电视内容。例如，一项研究表明，在日托中心 14 个月大的孩子就已经会学习和模仿同龄孩子（Hanna & Meltzoff，1993）。另外一个例子显示，两岁大的小孩会模仿他们从电视上看到的新奇动作（Meltzoff，1988b）。这是一项很重要的发现，因为西方国家的孩子会花大量的时间看电视。恺撒基金（Kaiser Foundation）（Rideout，Vanderwater，& Wartella，2003）的一份报告显示：0—3 岁的儿童中，在特定日子看电视的孩子占 70%，每天都看的占 50%。

未来十年神经科学的研究重点将会是行为发展与大脑发展的关系。有一点是毋庸置疑的：学习经验有助于个体大脑的塑造。人脑发展不单纯是生物的或是教育的产物，更准确地说应该是两者复杂交互的结果。

非正式学习

23

这部分我会指出第二条研究线路：**非正式学习**（informal learning）的过程与结果。非正式学习通常发生在学校以外，但划分的主要依据不是学习发生的物理位置，而是它与西方学校制度中具有明显说教色彩的教学实践，即我们所谓的正式学习的差异。非正式学习可以在学校内以同伴互助的方式广泛存在，而正式学习也可以发生在非学校的环境中，如社区中心、或者是家长在“教育时间”（instructional moment）内作为教育者的教育过程。

有关学者已经研究了工作环境、博物馆、动物园、水族馆、社交中心、体育队伍、女童子军团和没有学校教育的社区中心中的学习等形式的非正式学习（Bransford et al.，出版中；Hull & Schultz，2001；Schauble，Leinhardt，& Martin，1998）。我们首先简单总结一下众多研究者对校外学习研究所得到的结论，然后开始讨论非正式学习的研究何以成为学习科学的重要领域。

学校教育的认知结果及与学习环境的比较

斯克里布纳和科尔（Scribner，& Cole，1973）在其广为引述的发表于《科学》的论文中，回顾了很多使用认知和发展方法论来研究思考和推理过程的比较文化教育研究。他们从有实证依据的文献中加以推断，将正式教育中思考、行动和学习方式与非正式的实践生活进行了区分，这一结果也在之后莱夫（Lave，1988）和雷斯尼克（Resnick，1987）等人深有影响的著述中得到印证，甚至在今天对跨越正式学习与非正式学习边界的研究中也得到回应。他们的论点是："学校代表了一整套特殊的教育经验，这些经验是我们日常生活中所遇到的不连续的经验，它要求并促进的一些学习和思考方式也是与日常实践行为相反的"（p. 553）。格林菲尔德和布鲁纳（Greenfield，& Bruner，1966）、卢里亚（Luria，1971）、科尔、盖伊、格利克和夏普（Cole，Gay，Glick，& Sharp，1971）等人的研究被重新审视，用以解释拥有更多学校教育经验的人为什么在分类、推理和概念归纳等方面显示出不同的技能。首先，他们发现学校教育**使抽象推理更为深入**（greater facility in abstract reasoning）；其次，受教育程度高的人更**倾向于**用语言来描述自己如何完成任务，例如在记忆与分类的时候。这一现象同时存在于成人与儿童中。

斯克里布纳和科尔指出了非正式学习的三个不同特点：

（1）非正式学习是个人取向（person-oriented）的，或者说是**特定的**（particularistic），学习目标的设定取决于个体本身而不是他掌握的基础；

（2）非正式学习**助长传统主义**（fosters traditionalism）（因为年长者被置于最高的地位）；

（3）非正式学习包括**情感和智力的融合**（fusing emotional and intellectual domains），在非正式学习中，情感参与和认知投入是紧密地结合在一起的，其中部分是因为知识内容是教师个人身份不可分割的一部分。

斯克里布纳和科尔发现人类学家在描述非正式学习时同样也描述了其通用机制，如模仿、识别、协作等［Fortes，1938；米德（Mead）称之为模仿、认同和移情，1964］。他们把这三者视为包含于一个被称为"观察学习"（observational learning）的总范畴中的三个类别——这与学习主要通过语言获得的观点相左［见 Rogoff，Paradise，Mejia Arauz，Correa-Chavez 等人 2003 年的讨论：关于"有意参与"（intent participation）的学习取向，这种学习取向较多依赖于观察成人的活动］。

与非正式学习相反，正式学习的特征如下：

24

（1）信奉**普适**（universalistic）的行为价值、准则和标准（甚于教育工作者的个人利益）；

（2）教育和学习的主要媒体是**语言**，而不是非正式学习中常见的建模（modeling）和观察/模仿的灵敏知觉；

（3）教和学的发生**脱离境脉**（out of context），典型的例子就是数学符号运算。

个体和更广泛的分析单元的重要性

情感/智力领域以及社会性/个性的融合在新近一些研究中被重新发掘出来，这些研究关注非正式学习中年轻人在参与各种相关活动时个体身份的建构（Holland, Lachiotte, skinner, & Cain, 1998; Nasir & Saxe, 2003）、多学科的论述（Gee, 1996）以及作为非正式学习基础与催化机制的动机和情感因素（Resnick, 1987; Schauble et al., 1998）。

这之后关于非正式学习的研究则探究了用于分析非正式学习中参与结构（participation structure）的新理论框架，而这种文化活动中的参与结构又催生了诸多应对策略，比如“**脚手架**”（scaffolding）（Wood, Bruner & Ross, 1976; Rogoff, 1990; 了解这一发展历程见 Pea, 2004）、**学徒制学习**（apprenticeship learning）（Rogoff, 1990）、“实践共同体”中**合法的边缘参与**（legitimate peripheral participation）（Lave & Wenger, 1991）以及**引导性参与**（guided participation）（Rogoff, 1990）等。这些研究有一个关键特征，那就是扩展了分析单元：它们跳出了单个个体，转向研究学习如何发生于社会群体中，如家庭和社区，同时将“**文化实践**”（cultural practice）**与活动**（activity）作为基本的分析单元。（Cole, 1996）

相互影响的发展观点

对儿童与他人日常互动的民族志研究，已经开始挑战对儿童发展过于简化的社会性论述，因为这些论述只注重成人对儿童的单向影响。这些研究有助于社会科学家了解儿童推进自身发展的方式。从很小的时候开始，儿童是通过提问、观察和参与某些进行中的活动等主动学习的（Rogoff, 1990），儿童同样会对家庭或同伴们协作的活动提供创见。例如，引入或更改玩耍时的惯例或方法（Goodwin, 1997; Corsaro, 1985），谈话时候创造出新的词汇和表达方式（Eckert, 1989），以他们先辈无法想象的方式来使用工具等。反过来，家长或其他监护人也不仅仅通过提供解释或示范来教育儿童，还可以通过让他们分配时间、介绍话题、购买玩具或其他材料，以及允许他们参加各类的活动等方式进行（Ash, 2003; Rogoff, 2003）。

儿童及其监护人对其认知发展的贡献互相交织，这在学龄前儿童科学知识获得的研究中得到了很好的例证。克劳利和雅格布斯（Crowley & Jacobs, 2002）

引入“专业知识岛”（island of expertise）的概念来反映幼儿通常在上学校前就会获得关于其感兴趣主题的大量知识这一事实。他们以一个小孩为例，他在父母给他买了一本关于火车的书之后就对火车产生了兴趣，他把书读了一遍又一遍，并且通过去博物馆或看录像等了解了许多关于火车的东西，谈论大量关于火车的话题。随着时间的流逝，他和他的父母有了大量共同的关于火车的词汇和图表，还有关于火车运行机制的知识，等等，这些共同的知识反过来又让他们一家人有了丰富的话题，包括解释、钻研、类推相关的知识领域等。

同龄人同样是主动学习的伙伴，可以分享关于文化工具（culture tools）、玩具、实践活动等方面的知识。例如，孩子们会分享文学作品，并以此表示友好和建立友谊（Joiner，1996）。他们也会共享有关如何利用新技术来创作和学习的知识（Barron，2004；Chandler-Olcott & Mahar，2003）。随着年龄的增长，孩子们会扩大他们的社交网，这时候同伴变得更为重要（Hartup，1996）。同伴和同伴的父母会在他们自己家中提供活动与会话的场所。这些研究表明非正式学习在兴趣发展和专业知识建构道路上的意义是何等巨大。

25

学习专业知识的途径

许多在学校表现不好的儿童往往会在校外表现得很出色，特别是文化素养不怎么高的、社会经济地位低的儿童，会在校外活动中有效率地学习，并且善于利用各种资源，哪怕他们在学校表现并不怎么好（例如，McLaughlin，Irby & Langman，2001）。这些不均衡引发了一个重要问题，那就是如何设计我们的学校体制，以及提供什么资源来保障校外学习的成功。

理解境脉间潜在的协同作用这一目标是一个新的研究领域，旨在探索怎样才能使在不同境脉中的学习机会得到很好的互补，它研究人的学习何时、何处以及如何进行等问题（Barron，2004；Barron，2005）。这意味着我们需要更深入的发展性研究来帮助理解学习专业知识的途径，因为它们通常需要融合非正式和正式学习的机会，而人们又经常会变更其居住的生活环境。

整合正式学习和非正式学习的设计

如图 2.1 所示的第三条研究主线包括利用学习科学来创建学习环境，并研究这些环境设计的效果如何推动理论的发展。很多教育心理学研究都依循这一主线。最近，已有几个关于如何设计有效学习环境的研究出台了。我们这里想强调的是**适应型专门知识**（adaptive expertise）——即支持持续学习、即兴创作和自主扩充的专业知识。

研究者已经研究过潜藏于专家行为下的技巧和知识的本质（例如，

Ackerman, 2003; Alexander, 2003; Chi, Glaser & Farr, 1988; Hatano & Osura, 2003; Lajoie, 2003; NRC, 2000a; Rose, 2004; Sternberg, 2003)。这项研究有助于理解知识、技能、态度和思维策略在不同的领域中是如何互相结合来促成高效率的表现的。

一个重要发现是专家会注意到情境或问题的特征 (features), 而这常被新手所忽略 (Chase & Simon, 1973; Chi, Glaser & Rees, 1982)。伯利纳 (Berliner, 1991, 2001) 已经证实新手教师和专家教师在注意力上存在巨大的差异, 而这又影响他们快速识别问题与时机并作出回应的能力。国际象棋大师的标准做法已经初步证明了注意力和模式识别等方面专长的作用 (例如, Chase & Simon, 1973; deGroot, 1965)。

专业知识影响注意力这一事实对教育有诸多重要意义。首先, 仅仅给新手播放专家示范的录像, 不足以保证他们注意到所有相关细节 (例如, Michael, Klee, Bransford, & Warren, 1993)。其次, 强调专业知识和注意力也暗示我们不能简单地从经验中学习, 而是要**学会去**经历 (例如, Becker, 1953; Goodwin, 1994; Stevens & Hall, 1998)。

研究表明, 专家知识不仅仅是一张互不关联的陈述性知识的清单, 而是依据学科中的重要观点进行联接和组织的知识网络, 还包括应用关键概念和程序的情境信息。这些信息帮助专家们知道何时、为何、如何将他们丰富的知识和技能与特定情境联系起来。

适应性专长

26

最近研究已经开始区分"常规性专长" (routine expertise) 和"适应性专长" (例如, Alexander, 2003; Hatano & Inagaki, 1986; Hatano & Osuro, 2003)。常规型专家和适应型专家同样进行着终身学习。常规型专家会发展一组核心能力, 并且以越来越高的效率将其应用于他们的全部生活中。与之相反, 适应型专家则倾向于不断进化、扩充他们的核心能力, 扩展专业知识的广度和深度来迎合需求和兴趣的增长, 这就常常要求他们探索新的领域, 做一个明智的新手, 为获取新知识而从头开始努力 (例如, Brown, Bransford, Ferrara, & Campione, 1983S)。

施瓦茨、布兰斯福德和西尔斯 (Schwartz, Bransford, & Sears, 2005) 提出适应性专长这一概念至少包含两个主要方面: (1) 引导**创新**或发明的过程; (2) 通过熟练的流程获得**效率**的过程 (图 2.2)。

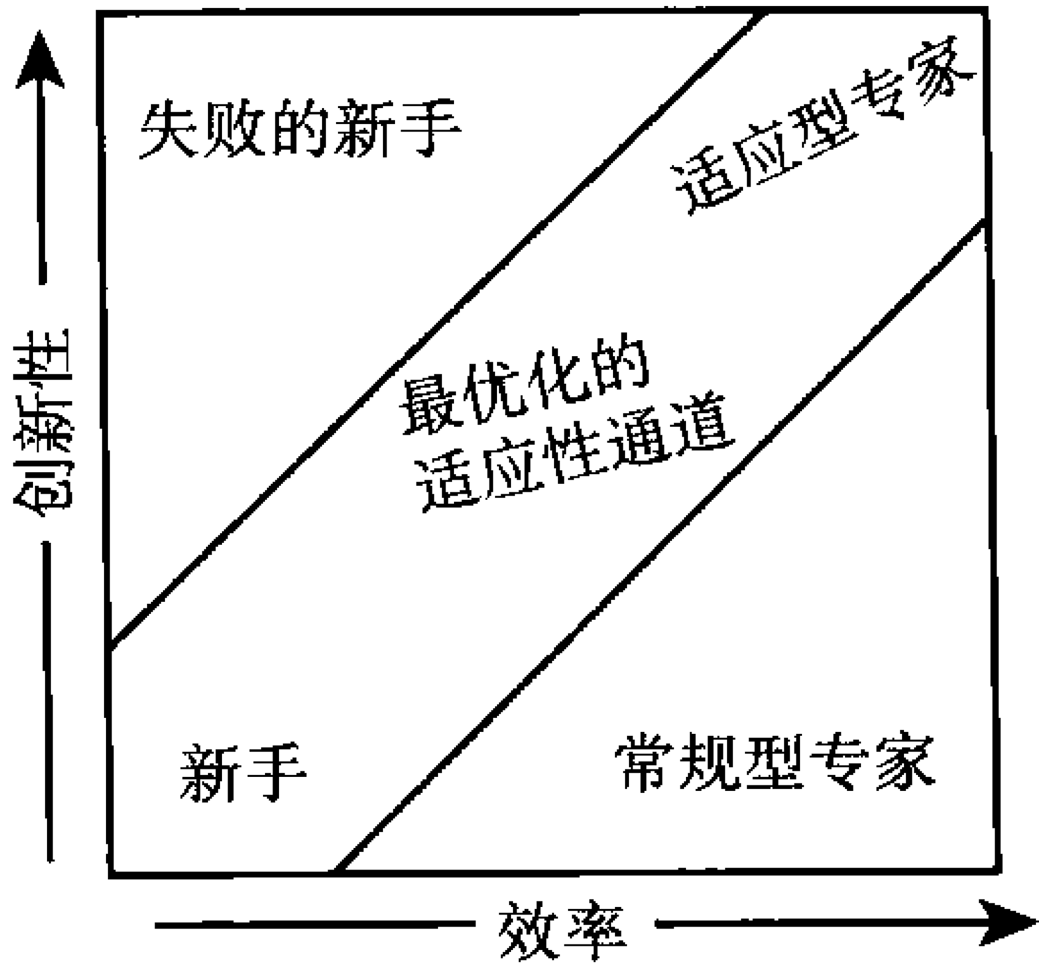


图 2.2　适应性专长的两个维度

有时候，这两个方面被形容为一个连续体中互相排斥的两端（例如，路程转移距离的多和少，Salomon & Perkins，1989），当然由于牵涉到其他不同的过程，所以并不总是相互排斥的。适应型专家在这两方面能力极强（例如，Gentner，Brem，Ferguson，Markman et al.，1997；Hatano & Inagaki，1986；Wineburg，1998）。图 2.2 对适应性专长的描述揭示了人们如何发展专长，使之既有效率，又不失创新，从而使他们可以持续地适应变化。

我们认为研究帮助适应性专长发展的第三个方面也是十分重要的：即对适应性专长的创新性和效率两者的特定作用及平衡二者的元认知意识，以及主动设计并创造性地架构个体的学习环境以发挥二者的效用。哈加登和萨顿（Hargadon & Sutton，2000）对商业上的创新企业如 IDEO 设计公司进行了调查，剖析了这些创新公司的特征，以及他们在发展适应性商业知识解决复杂的设计问题上取得的成功，这些为新的教育设计提供了丰富的参考。

对效率和创新的评价

我们注意到现在的评价多为对效率的评价，关注广博的常识和图式驱使的过程，而忽略了创新和元认知意识。几乎所有的标准化测试都是“直接应用”（direct application）和“隐蔽式问题解决评价”（sequestered problem solving assessment，SPS），用来考查早已存在于人们头脑中的知识（Bransford & Schwartz，1999）。专业文献显示，这些已经牢固建立的程序和图式的确是专长的重要组成内容，可以节省部分思维与注意力，以便用来留心一些基础部分（例如初级阅读者常会遇到这样的问题：他们能很流利地阅读，却不能理解所读的内容）。直接而有效地运用先前掌握的技能和知识在很多情况下都是相当重要的，比如驾驶汽车。

与直接应用学习和迁移的观点类似的是关注适应性专长的学习，被称为“为未来而准备的学习”（preparation for future learning，PFL）（Shwartz & Bransford，1998；Bransford & Schwartz，1999；Schwartz & Martin，2004；Martin & Schwartz，2005；Spiro，Vispoel，Schmitz，Samarapungavan et al.，1987）。现在关注的重点已经变成了在知识丰富的环境中对个体学习能力的评价。当组织招聘新员工的时候，他们想要的是会学习的并且能够灵活地利用资源（例如文本、电脑程序、社交圈子和新同事等）来帮助学习的人。如果一个人为未来的学习做好了准备，他将会学得更好、更快。

27

需要强调的是，为未来而准备的学习不同于**学会学习**（learning-to-learn）的观点，主要区别在于为未来而准备的学习首要注重的不是一组已存在的、通用的、与内容无关的学习技能。专长文献（Chi et al.，1988；NRC，2000a）表明，策略和知识是高度互赖的。比如，知道（knowing）特定学科的概念会影响一个

人在解释事物时作出的假设。理想情况是，对适应性专长的评价也应该为人们提供直觉操作、回收反馈以及在反馈基础上尝试修改的机会。与之相反的是，传统测试很少提供反馈和修正机会——唯一可以的就是让他形成最初的想法，但并不提供机会来试验和修正它们。施瓦茨、布兰斯福德和西尔斯（2005）证明对适应性专长的评价能够揭示某些教学经验的益处，尽管这些益处在以隐蔽式问题解决评价标准进行评价时是无法显现的。很多研究小组正在研究评价适应性专长的创新方法（Crawford，Riel & Schlager，2005；Hatano，2005；Martin，2005；Petrosino，2005；Schwartz，Blair，Davis & Chang et al.，2005；Walker，2005）。

旨在发展适应性专长的教学策略研究

认知科学首要关注的曾是，如何在越来越快、越来越准确地解决同类问题的过程中获得常规性专长。认知理论在这个研究传统中关注已经成为惯例的“脚本”（scripts）、“图式”（schemas）、“框架”（frames）和“过程”（procedures）（定义和实例见 Anderson & Pearson，1984；Anderson，1976；Black & Bower，1980；Bransford & Johnson，1972；Minsky，1986；Schank & Abelson，1977）。这些功能结构对有效解决问题是非常重要的。很多学校教育会指导学生掌握某些典型问题的模式，目的是使他们能通过将非常规问题转化为常规问题从而提高解题效率。一个关于问题类型的实例是这样的：吉姆的父母离他 60 英里远，他以每小时 60 英里的速度开车去他们家，回来时因为有雾速度为每小时 40 英里。问他的平均速度是多少？多数人会简单地说是每小时 50 英里，但他们没有意识到，吉姆以慢速行走的那段路花费时间较多，所以平均速度肯定小于 50。这一类型的问题还有很多，当人们掌握了思路，辨析这些典型问题后，以后遇到同类问题时他们就不会再出错了。组织良好、容易掌握的程序、脚本、图式的获得对高效表现尤其重要——否则人们会被任务中诸多需要高度集中精力的部分所困扰（例如，见 Bereiter & Scardamalia，1993）。但专家们还是需要超越这些图式，通过新的方法积累经验。适应性专长允许人们把先前的知识和技能抛开，因而效率取向的教育需要通过不同类型的学习活动来完善。

28

为了增加学生的适应性专长，学习环境应包含较多让学生反思与元认知参与的活动，让他们：（1）“建构知识”而不仅仅是接受“讲授的知识”（knowledge telling）（Bereiter & Scardamalia，1989，1993）；（2）以理论建构与失验为重点进行系统的探究，而不是简单地依循操作过程来寻求某个结论（例如，Karmiloff-Smith & Inhelder，1974/1975；Krajcik & Blumenfeld，见本书）；（3）设计“聪明地工作”（working smart）环境促使学生创新，进而提高学习效率（Vye et al.，1998）。让学生明白学习的目标是为了高效解决以后会重复出现的同类问题，并鼓励他们通过使用、适应和发明灵巧的工具来提高工作效率，为解释此类问题做准备。

走向协同的学习科学

我们已经讨论了三个似乎相互影响的研究领域：（1）内隐学习和大脑；（2）非正式学习；（3）涵盖并超越正式学习的设计。但某种程度上，这三者中的任一个又都是相对独立的。我们相信在未来的10年里，通过整合这三个研究传统，我们很有可能会形成对学习更为深入和全面的理解。未来的学习科学将整合神经和行为层面的学习，并势必会导致内隐学习、非正式学习和正式学习活动及其成果的整合。但这并不意味着这些研究主线会融合到一个更大的理论上，而消解其各自的独特观点，但是，我们确实相信这些主线会相互影响，并在此过程中形成更一致、更有用的理论来解释人为何、如何、何时、何地学习，又学些什么。当前面临的主要挑战是如何以尽可能整合这三个研究取向的方式来描述问题。幸运的是，我们已经在理解思考和学习的基础方面取得了一些进展。

20世纪关于认知技能的第一个主要观点是局部认知（local cognitive）和社会生态在多大程度上会提供限制和支持（Hutchins，1995；Pea，1993；Simon，1996）。这个分布的、生态的、强调突显的认知观念清楚地指出，尽管将学习者和思考者视为独立自治的系统非常重要，但要以此构建一个强大的认知和学习理论是不够的，我们还需要对任何学习生态中个体与资源之间的动力机制作更好的理论解释（Barron，2004）。从生态学的角度来描述学习，我们可以注意到学习环境中的多种交互因素：学习活动的类型、用于学习的材料和社会资源、学习者的角色、分布于社会网络中的知识及信息交流实践等。生态学视角探析了人与环境间的关系，以及在何种条件下可以促成这种相互影响。

第二个主要观点是社会因素对学习十分重要，包括参与学习活动、彼此相处以及在特定活动中他们作为学习者和执行者的身份。许多学习科学家把这一观点称为情境化视角（Greeno，本书）。

第三个主要观点是文化实践对学习十分重要，而理解学习上的安排和价值本身就是文化实践（Cole，1996；Rogoff，2003；Nasir，Lee，Roseberry，& Warren，本书）。将源于文化实践的不同学习方法融入以学校为基础的学习环境的做法目前还是相当少的。

总之，这三个观点确立了一个实证研究的议程，其目标将使我们更好地形成更综合和实用的学习。下面，我们重点介绍这三个研究领域，这其中蕴藏了颇多的机会让我们通过协作、协同、概念碰撞来促进一个跨学科的学习理论的发展。 29

1. **超越个人的研究**。这三个研究取向的分析单元各不相同，但都超越了个人层面。包括两人小组（pairs）、小组（small groups）和组织层面的分析，此外还包括各个层面中以工具为媒介（tool-mediated）的学习。家庭、朋友圈、同伴小组和更大的社交网络既是学习的单元也是学习的重要境脉。每一研究主线都是

研究个体与他人一起学习的机制和结果。例如，主线 1 界定了一个研究计划，来研究社会交互为何以及如何对语言的学习起到关键作用。社会文化视角下的社会交互研究则在多种社会情境中——例如家庭、同伴和师生关系——跟踪学习者，并特别关注包括书籍、计算机等物质资源在内的学习资源的获取，此外也关注与学习相关的态度与实践。设计取向的心理学家正在致力于确定工作任务的哪些特性可以让人们投入到促进学习的交互活动中，这也是一个我们从关于协作的研究中知之甚多的主题。

2. **情感在学习中的作用**。虽然信息资源在任何学习生态中都很重要，但是情感和动机资源同样不可或缺，因为它们能将努力、注意和欲望投入到学习中。我们需要更多关注学习交互中情感、归属和交流方面的融合。情感反应如何作用于学习？它们在学习中又是如何出现的？主线 1 的研究关注成人交互时的大脑，并且已经确定负责竞争与协作活动的不同的大脑区域（Decety，Jackson，Sommerville，Chaminade 等，2004）。主线 2 的研究记录了在长期人际交往中学习的复杂过程，并认为人们之间的交互方式是理解成功的集体知识建构和失败的协作的关键（Barron，2003）。主线 3 旨在通过设计实验来探究努力得以持续和消退的内在机制。这些研究领域有助于我们更好地从理论方面理解人们的生命选择。

3. **扩展“学到了什么”这一概念**。大部分关于学习的研究关注学术知识。然而，关于行为认知（cognition in action）的研究告诉我们，专业知识远不止内容知识（content knowledge）。适应性专长概念代表了这一更宽泛的概念，并提出了更多问题。人们以或多或少有点效果的交互方式集体工作，然后他们的学习能力就因为这种协作发生了变化吗？同时，元认知能力是否也会紧随着扩展？例如，人们是否会对复杂的社会交互有更好的反思与认识，是否会知晓什么时候协作的关键部分［例如联合注意（joint attention）或是术语的不同使用方式］无法发挥很好的作用？有些研究者称这种感知是“专业视野”（professional vision）（Goodwin，1994；Stevens & Hall，1998），认为它是在实践社区中发现各类问题的能力。最近一些关于复杂组织的研究发现，有些环境的设计能较好地促进学习，而有些则不能（Hargadon & Sutton，2000）。人们何以对环境敏感？又该如何学会更好地组织事物以求最大程度的效果、效率和创新？他们又如何顺应并创设新的学习实践？所有这三条研究主线都试图用各自独特的研究工具探究并解决此类问题。

总而言之，学习科学具有生态学、情境化以及越来越多的文化取向特点，这些特点有助于我们理解通过学习和发展形成适应性生理特点与内在机制。发展神经学的研究正在致力于解释大脑如何在不断的交互中发展，以及它又如何影响之后觉知到的环境。正如国家科学院（National Academy of Science）的报告（NRC，2000b）指出的那样，我们需要一个以神经科学为近邻的学习科学。 30

致谢

本文由国家科学基金会（National Science Foundation，项目号：NSF # 0354453）资助。本文表述的任何观点、发现和结论只是作者的看法，不代表国家科学基金会的立场。本文部分内容基于为《教育心理学手册》（*Handbook of Educational Psychology*）（Bransford et al.，出版中）所撰写的章节。

参考文献

Ackerman, P. (2003). Cognitive ability and nonability trait determinants of expertise. *Educational Researcher*, 32, 15 - 20.

Alexander, P. (2003). The development of expertise: The journey from acclimation to proficiency. *Educational Researcher*, 32, 10 - 14.

Anderson, J. R. (1976). *Language, memory and thought*. Hillsdale, HJ: Erlbaum.

Anderson, R. C., & Pearson, P. D. (1984). A schema-theoretic view of basic processes in reading comprehension. In P. D. Pearson (Ed.), *Handbook of reading research* (pp. 255 - 291). New York: Longman.

Ash, D. (2003) Dialogic inquiry in life science conversations of family groups in museums. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (2), 138 - 162.

Barron, B. (2003). When smart groups fail. *The Journal of the Learning Sciences*, 12, 307 - 359.

Barron, B. (2004). Learning ecologies for technological fluency: Gender and experience differences. *Journal of Educational Computing Research*, 31 (1), 1 - 36.

Barron, B (in press). Knowledge building processes across contexts: Alearning ecologies perspective. To appear in *Human Development*.

Becker, H. S. (1953). Becoming a marihuana user. *American Journal of Sociology*, 59, 235 - 242.

Bereiter, C., & Scardamalia, M. (1989). Intentional learning as a goal of instruction. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 361 - 392). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Bereiter, C., & Scardamalia, M. (1993). *Surpassing ourselves: An inquiry into the nature and implications of expertise*. Chicago, IL: Open Court.

Berliner, D. C. (1991). Educational psychology and pedagogical expertise: New findings and new opportunities for thinking about training. *Educational Psychologist*, 26 (2), 145 - 155.

Berliner, D. C. (2001). Learning about and learning from expert teachers. International. *Journal of Educational Research*, 35 (5), 463 - 468.

Berry, D. C. (1997). *How implicit is implicit learning*? New York: Oxford University Press.

Black, J., & Bower, G. (1980). Story understanding as problem-solving. *Poetics*, 9, 223 - 250.

Bransford, J. D., & Johnson, M. K. (1972). Contextual prerequisites for understanding: Some investigations of comprehension and recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 717-726.

Bransford, J. D., & Schwartz, D. (1999). Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications. In A. Iran-Nejad & P. D. Pearson (Eds.), *Review of Research in Education* (Vol. 24, pp. 61-100). Washington, DC: American Educational Research Association.

Bransford, J., Vye, N., Stevens, R., Kuhl, P., Schwartz, D., Bell, P., Meltzoff, A., Barron, B., Pea, R., Reeves, B., Roschelle, J., & Sabelli, N. (in press). Learning theories and education: Toward a decade of synergy. In P. Alexander & P. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology, 2nd ed.* Mahwah, NJ: Erlbaum.

31

Brown, A. L., Bransford, J. D., Ferrara, R. A., & Campione, J. C. (1983). Learning, remembering, and understanding. In J. H. Flavell & E. M. Markman (Eds.), *Handbook of child psychology: Cognitive development* (Vol. 3, pp. 77-166). New York, NY: Wiley.

Bruer, J. T. (1997). Education and the brain: A bridge too far. *Educational Researcher*, 26, 4-16.

Chandler-Olcott, K., & Mahar (2003). "Techsaviness" meets multiliteracies: Exploring adolescent girls' technology-mediated literacy practices. In *Reading Research Quarterly*, 38, 356-385.

Chase, W. G., & Simon, H. A. (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology* 1, 33-81.

Cheour, M., Ceponiene, R., Lehtokoski, A., Luuk, A., Allik, J., Alho, K., et al. (1998). Development of language-specific phoneme representations in the infant brain. *Nature Neuroscience*, 1, 351-353.

Chi, M. T. H., Glaser, R., & Farr, M. (1988). *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Chi, M. T. H., Glaser, R., & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence*, (Vol. 1, pp. 1-75). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Cleeremans, A., Destrebecqz, A., & Boyer, M. (1998). Implicit learning: news from the front. *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 406-416.

Cole, M. (1996). *Cultural psychology: A once and future discipline*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Cole, M., Gay, J., Glick, J., & Sharp, D. (1971). *The cultural context of learning and thinking*. New York: Basic Books.

Corsaro, W. (1985). *Friendship and peer culture in the early years*. Norwood, NJ: Ablex.

Crawford, V., Riel, M., & Schlager, M. (2005, April). *Characterizing adaptive expertise in biology teachers' reasoning*. Paper presented at the American Educational Research Association Annual Meeting, Montreal, Canada.

Crowley, K., & Jacobs, M. (2002). Islands of expertise and the development of family scientific literacy. In G. Leinhardt, K. Crowley & K. Knutson (Eds.), *Learning conversations in museums*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Darling-Hammond, L., & Bransford, J. D. (2005). *Preparing teachers for a changing world.* Washington, DC: The National Academy Press.

Decety, J., Jackson, P. L., Sommerville, J. A. Chaminade, T., & Meltzoff, A. N. (2004). The neural bases of cooperation and competition: an fMRI investigation. *NeuroImage*, 23, 744 - 751.

deGroot, A. D. (1965). *Thought and choice in chess.* The Hague, the Netherlands: Mouton.

Eckert, P. (1989). *Jocks and burnouts: Social identity in the high school.* New York: Teachers College Press.

Fortes, M. (1938). Social and psychological aspects of education in Taleland, *Africa*, Suppl., 11 (4), 1 - 64.

Gee, J. P. (1996). *Social linguistics and literacies: Ideology in discourses.* Second Edition. London: Taylor & Francis.

Gentner, D., Brem, S., Ferguson, R. W., Markman, A. B., Levidow, B. B., Wolff, P., & Forbus, K. D. (1997). Analogical reasoning and conceptual change: A case study of Johannes Kepler. *Journal of the Learning Sciences*, 6 (1), 3 - 40.

Goodsitt, J. V., Morgan, J. L., & Kuhl, P. K. (1993). Perceptual strategies in prelingual speech segmentation. *Journal of Child Language*, 20, 229 - 252.

Goodwin, C. (1994). Professional vision. *American Anthropologist*, 96 (3), 606 - 633.

Goodwin, M. (1997). Children's linguistic and social worlds. *Anthropology Newsletter*, 38 (4), 1, 3 - 4.

Gopnik, A., Meltzoff, A. N., & Kuhl, P. K. (1999). *The scientist in the crib: Minds, brains, and how children learn.* New York: William Morrow.

Greenfield, P. M., & Bruner, J. S. (1966). Culture and cognitive growth. *International Journal of Psychology*, 1, 89 - 107.

Greenwald, A. G., Banaji, M. R., Rudman, L. A., Farnham, S. D., Nosek, B. A., & Mellott, D. S. (2002). A unified theory of implicit attitudes, stereotypes, self-esteem, and self-concept. *Psychological Review*, 109, 3 - 25.

Greenough, W. T., Black, J. E., & Wallace, C. S. (1987). Experience and brain development. *Child Development*, 58, 539 - 559.

Hanna, E., & Meltzoff, A. N. (1993). Peer imitation by toddlers in laboratory, home, and day-care contexts: Implications for social learning and memory. *Developmental Psychology*, 29, 701 - 710.

32 Hargadon, A., & Sutton, R. I. (2000, May/June). Building an innovation factory. *Harvard Business Review*, pp. 157 - 166.

Hartup, W. W. (1996). The company they keep: friendships and their developmental significance. *Child Development*, 67, pp. 1 - 13.

Hatano, G. (2005, April). *Adaptive expertise.* Paper presented at the American Educational Research Association Annual Meeting, Montreal, Canada.

Hatano, G., & Inagaki, K. (1986). Two courses of expertise. In H. Stevenson, H. Azuma, & K. Hakuta (Eds.), *Child development and education in Japan* (pp. 262 - 272). New York: Free-

man.

Hatano, G., & Osuro, Y. (2003). Commentary: Reconceptualizing school learning using insight from expertise research. *Educational Researcher*, 32, 26-29.

Holland, D., Lachicotte, W., Skinner, D., & Cain, C. (1998). *Identity and agency in cultural worlds.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Hull, G., & Schultz, K. (2001). Literacy and learning out of school. *Review of Educational Research*, 71 (4), 575-611.

Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild.* Cambridge, MA: MIT Press.

Iverson, P., Kuhl, P., Akahane-Yamada R., Diesch, E., Tohkura, Y., Ketterman, A., & Siebert, C. (2003). A perceptual interference account of acquisition difficulties for nonnative phonemes. *Cognition*, 87, B47-B57.

Joiner, M. J. (1996). "Just Girls": Literacy and allegiance in junior high school. *Written Communication*, 13, 93-129.

Karmiloff-Smith, A., & Inhelder, B. (1974) If you want to get ahead, get a theory. *Cognition*, 3 (3), 195-212.

Kuhl, P. K. (1991). Human adults and human infants show a "perceptual magnet effect" for the prototypes of speech categories, monkeys do not. *Perception & Psychophysics*, 50, 93-107.

Kuhl, P. K. (2004). Early language acquisition: Cracking the speech code. *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 831-843.

Kuhl, P. K, Conboy, B. T., Padden, D., Nelson, T., & Pruitt, J. C. (2005). Early speech perception and later language development: Implications for the "critical period." *Language Learning and Development*, 1, 237-264.

Kuhl, P. K., Tsao, F.-M., & Liu, H.-M. (2003). Foreign-language experience in infancy: Effects of short-term exposure and social interaction on phonetic learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100, 9096-9101.

Kuhl, P. K., Williams, K. A., Lacerda, F., Stevens, K. N., & Lindblom, B. (1992). Linguistic experience alters phonetic perception in infants by 6 months of age. *Science*, 255, 606-608.

Lajoie, S. (2003). Transitions and trajectories for studies of expertise. *Educational Researcher*, 32, 21-25.

Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics, and culture in everyday life.* Cambridge: Cambridge University Press.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation.* Cambridge: Cambridge University Press.

Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (2004). *Internet environments for science education.* Mahwah, NJ: Erlbaum.

Luria, A. R. (1971). Towards the problem of the historical nature of psychological processes. *International Journal of Psychology*, 6, 259-272.

Martin, T. (2005, April). *Measuring preparation for future learning in children's mathematics: In-*

structional implications. Paper presented at the American Educational Research Association Annual Meeting, Montreal, Canada.

Martin, T. , & Schwartz, D. L. (2005). Physically distributed learning: Adapting and reinterpreting physical environments in the development of fraction concepts. *Cognitive Science*, 29, 587 - 625.

McLaughlin, M. , Irby, M. A. , & Langman, J. (2001). Urban sanctuaries: neighborhood organizations in the lives and futures of inner-city youth. San Francisco: Jossey-Bass.

Mead, M. (1964). *Continuities in cultural evolution*. New Haven, CT: Yale University Press.

Meltzoff, A. N. (1988a). Imitation, objects, tools, and the rudiments of language in human ontogeny. *Human Evolution*, 3, 45 - 64.

Meltzoff, A. N. (1988b). Imitation of televised models by infants. *Child Development*, 59, 1221 - 1229.

Meltzoff, A. N. (2005). Imitation and other minds: The "like me" hypothesis. In S. Hurley & N. Chater (Eds.), *Perspectives on imitation: From neuroscience to social science* (Vol. 2, pp. 55 - 77). Cambridge, MA: MIT Press.

Meltzoff, A. N. , & Decety, J. (2003). What imitation tells us about social cognition: A rapprochement between developmental psychology and cognitive neuroscience. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, *Biological Sciences*, 358, 491 - 500.

33

Meltzoff, A. N. , & Moore, M. K. (1977). Imitation of facial and manual gestures by human neonates. *Science*, 198 , 75 - 78.

Michael, A. L. , Klee, T. , Bransford, J. D. , & Warren, S. (1993). The transition from theory to therapy: Test of two instructional methods. *Applied Cognitive Psychology*, 7, 139 - 154.

Minsky, M. (1986). *Society of mind*. New York: Simon & Schuster.

Musen, G. , & Triesman, A. (1990). Implicit and explicit memory for visual patterns. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 127 - 137.

Nasir, N. , & Saxe, G. (2003). Ethnic and academic identities: A cultural practice perspec tive on emerging tensions and their management in the lives of minority students. *Educational Researcher*, 32 (5), 14 - 18.

Näätänen, R. , Lehtokoski, A. , Lennes, M. , Cheour, M. , Huotilainen, M. , Iivonen, A. , Vainio, M. , Alku, P. , Ilmoniemi, R. J. , Luuk, A. , Allik, J. , Sinkkonen, J. , & Alho, K. (1997). Language-specific phoneme representations revealed by electric and magnetic brain responses. *Nature*, 385, 432 - 434.

Nissen, M. J. , & Bullemer, P. T. (1987). Attentional requirements for learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19, 1 - 32.

NRC/National Research Council (2000a). *How people learn: Brain, mind, experience, and school* (*Expanded Edition*). Washington, DC: National Academy Press.

NRC/National Research Council (2000b). *Neurons to neighborhoods*. Washington, DC: National Academy Press.

NRC/National Research Council (2003). *Learning and instruction: A SERP research agenda*.

Washington, DC: National Academy Press.

NRC/National Research Council (2005). *How students learn: History, math, and science in the classroom.* Washington, DC: National Academies Press.

Pea, R. D. (1993). Practices of distributed intelligence and designs for education. In G. Salomon (Ed.). *Distributed cognitions.* New York: Cambridge University Press, pp. 47 - 87.

Pea, R. D. (2004). The social and technological dimensions of "scaffolding" and related theoretical concepts for learning, education and human activity. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 423 - 451.

Petrosino, A. (2005, April). *Measures of adaptive expertise in bioengineering.* Paper presented at the American Educational Research Association Annual Meeting, Montreal, Canada.

Povinelli, D. J., Reaux, J. E., Theall, L. A., & Giambrone, S. (2000). *Folk physics for apes: The chimpanzee's theory of how the world works.* New York: Oxford University Press.

Reber, A. S. (1967). Implicit learning of artifical grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 855 - 863.

Reber, A. S. (1976). Implicit learning of synthetic languages: The role of instructional set. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2, 88 - 94.

Reber, A. S. (1993). *Implicit learning and tacit knowledge: An essay on the cognitive unconscious.* New York: Oxford University Press.

Resnick, L. (1987). Learning in school and out. *Educational Researcher*, 16 (9), 3 - 21.

Rideout, V. J., Vandewater, E., & Wartella, E. A. (2003, Fall). *Zero to six: Electronic media in the lives of infants, toddlers and preschoolers.* Kaiser Family Foundation Report.

Rivera-Gaxiola, M., Silva-Pereyra, J., & Kuhl, P. K. (2005). Brain potentials to native and nonnative speech contrasts in 7- and 11-month-old American infants. *Developmental Science*, 8, 162 - 172.

Rizzolatti, G., Fadiga, L., Fogassi, L., & Gallese, V. (2002). From mirror neurons to imitation, facts, and speculations. In A. N. Meltzoff & W. Prinz (Eds.), *The imitative mind: Development, evolution, and brain bases* (pp. 247 - 266). Cambridge: Cambridge University Press.

Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking: cognitive development in social context.* New York: Oxford University Press.

Rogoff, B. (2003). *The cultural nature of human development.* New York: Oxford University Press.

Rogoff, B., Paradise, R., Mejia Arauz, R., CorreaChávez, M., & Angelillo, C. (2003). Firsthand learning by intent participation. *Annual Review of Psychology*, 54, 175 - 203.

Rose, M. (2004). *The mind at work: Valuing the intelligence of the American worker.* New York: Viking.

Saffran, J. R., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274, 1926 - 1928.

Salomon, G., & Perkins, D. (1989). Rocky road to transfer: Rethinking mechanisms of a neglected phenomenon. *Educational Psychologist*, 24, 113 - 142.

Schank R., & Abelson R. (1977). *Scripts, plans, goals and understanding: An inquiry into human*

34

knowledge structures. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates.

Schauble, L., Leinhardt, G., & Martin, L. (1998). Organizing a cumulative research agenda in informal learning contexts. *Journal of Museum Education*, 22 (2 & 3), 3 - 7.

Scribner, S., & Cole, M. (1973, 9 November). Cognitive consequences of formal and informal education. *Science*, 182, No. 4112, pp. 553 - 559.

Schwartz, D., Blair, K., Davis, J., Chang, J., & Hartman, K. (2005, April). *Iterative dynamic assessments with feedback to students*. Paper presented at the American Educational Research Association Annual Meeting, Montreal, Canada.

Schwartz, D. L., & Bransford, J. D. (1998). A time for telling. *Cognition & Instruction*, 16 (4), 475 - 522.

Schwartz, D., Bransford, J., & Sears, D. (2005). Efficiency and innovation in transfer. In J. Mestre (Ed.), *Transfer of learning: Research and perspectives* (pp. 1 - 52). Greenwich, CT: Information Age Publishing.

Schwartz, D. L., & Martin, T. (2004) Inventing to prepare for learning: The hidden efficiency of original student production in statistics instruction. *Cognition & Instruction*, 22, 129 - 184.

Simon, H. (1996). *The sciences of the artificial*, 3*rd ed*. Cambridge, MA: MIT Press.

Spiro, R. J., Vispoel, W. L., Schmitz, J., Samarapungavan, A., & Boeger, A. (1987). Knowledge acquisition for application: Cognitive flexibility and transfer in complex content domains. In B. C. Britton & S. Glynn (Eds.), *Executive control processes in reading* (pp. 177 - 199). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Sternberg, R. (2003). What is an "expert student"? *Educational Researcher*, 32, 5 - 9.

Stevens, R., & Hall, R. (1998). Disciplined perception: Learning to see in technoscience. In M. Lampert & M. L. Blunk (Eds.), *Talking mathematics in school: Studies of teaching and learning* (pp. 107 - 149). Cambridge: Cambridge University Press.

Strange, W. (1995). *Speech perception and linguistic experience: Issues in cross-language research*. Timonium, MD: York.

Tomasello, M. (1999). *The cultural origins of human cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Tomasello, M., & Call, J. (1997). *Primate cognition*. New York: Oxford University Press.

Vaill, P. B. (1996). *Learning as a way of being: Strategies for survival in a world of permanent white water*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Vye, N. J., Schwartz, D. L., Bransford, J. D., Barron, B. J., Zech, L., & Cognition and Technology Group at Vanderbilt. (1998). SMART environments that support monitoring, reflection, and revision. In D. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Eds.), *Metacognition in educational theory and practice* (pp. 305 - 346). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Walker, J. (2005, April). *Design scenarios as a measure of adaptive understanding*. Paper presented at the American Educational Research Association Annual Meeting, Montreal, Canada.

Whiten, A. (2002). The imitator's representation of the imitated: Ape and child. In A. N. Meltzoff & W. Prinz (Eds.), *The imitative mind: Development, evolution, and brain bases* (pp. 98 -

121). Cambridge: Cambridge University Press.

Wineburg, S. (1998). Reading Abraham Lincoln: An expert/expert study in the interpretation of historical texts. *Cognitive Science*, 22 (3), 319 - 346.

Wood, D., Brunet, J., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17, 89 - 100.

Zhang, Y., Kuhl, P. K., Imada, T., Kotani, M., & Tohkura, Y. (2005). Effects of language experience: Neural commitment to language-specific auditory patterns. *Neurolmage*, 26, 703 - 720.

35

第3章

建构主义

亚明斯基·B. 卡凡

学习科学的研究者正在促使学习质量得到飞跃的努力中走向一致——研究的焦点从以授课和考试为特征的传授—接受式学习模式转向更为活跃的参与式学习模式。西摩·佩伯特可能是第一位意识到可以用计算机为学校提供此类学习机会的人，他发明了现在非常著名的 Logo 程序语言。佩伯特获得了两个数学博士学位，但他的工作并未局限在自己的职业领域内，他曾经与让·皮亚杰一同研究认知的发展，从而拓展了自己的事业。皮亚杰创立了结构主义（constructivism），结构主义被认为是当今学习科学的理论基础之一。离开了位于瑞士的皮亚杰的实验室后，佩伯特在麻省理工学院谋得了一份教职，并与马文·明斯基（Marvin Minsky）共同创建了人工智能实验室。20 世纪 70 年代，佩伯特开始把皮亚杰的构成主义心理学的理论应用到教学原则中，由此提供了一种研究样板并影响了之后的许多学习科学研究者。

1980 年，佩伯特的著作《头脑风暴》（*Mindstorm*）出版时，建构主义（constructionism）这个术语尚未出现。在这本著作和后来的其他著作中，他发展了一套学习、教学和设计的理论。许多人因为其中“儿童、计算机和妙想”（此书的副标题）的说法而认为 Logo 语言是皮亚杰的发现学习理论（discovery learning）的简化版本，其实事实正好相反。建构主义不是结构主义，不仅是因为皮亚杰从来没打算把他的知识发展理论发展成为一种学与教的理论；而且建构主义学习理论也不能简单地等同于发现学习，更不能就此否定一切其他教学方式；最后，建构主义认为推动教育变革的是人而不是计算机。佩伯特的建构主义学习理论把学习视为在新旧知识之间建立联系的过程，是人与人之间的互动过程，是社会性联系的建立过程。因此，任何关于建构主义的讨论，都需澄清三个基本概念：结构主义、教授主义和技术中心主义（technocentrism），然后才能进一步探讨具体的理论和教学问题。

36

建构主义与皮亚杰的结构主义惊人地相似，两个概念经常被混淆，然而两者之间存在着明显的区别：

> 建构主义是名词，而不是动词。它和结构主义一样，将学习视为任何情境下建构知识的过程。但它增加了一个新观点：在学习者有意识地参与到建构公共实体（public entity）的情境时——无论它是沙滩上的一个沙堡，还是关于宇宙的理论，学习尤其容易发生。(Papert, 1991, p. 1)

建构主义继承了皮亚杰的结构主义思想，但两者并非完全一致。结构主义把重点放在个体孤立的知识结构的发展中，建构主义则关注知识在个人与社会层面相互联系的本质。学习中个体与社会的融合是学习科学中许多研究讨论的焦点。

建构主义反对教授主义的许多观点，这使得建构主义学习理论与发现学习十分相像——倾向于没有课程的学习，孩子们可以自主发现一些原理或观点。一个与建构主义相关的错误观念认为所有的教学都是无用的。深入阅读佩伯特的原著文章能阐明这一问题：

> ……但是没有课程的教学并不意味着自发的、形式散漫自由的课堂，或只是简单地将"孩子们放在一边不去理会，"而是意味着在儿童建构自己的智力结构时，从周围环境中获得材料对其进行支持。在这一模式中，教育干预意味着改变文化，计划新的建构元素（constructive elements），去除有害的元素。(p. 31. 1980/1993)

建构主义以一种更加分布式的视角审视教学，认为教学是在师生参与设计与讨论学习制品（learning artifact）的互动中建构的。另外，除了学校，这种学习互动还发生在社区中心和家庭中。如何设计能够促进合作学习与思想分享的环境，是学习科学研究力图解决的重要问题。

Logo 程序语言经常被认为与建构主义有着密切的联系，很多人由此认为建构主义把技术视为我们学习与教育活动的推动力。然而佩伯特解释说，这种技术中心主义的观点只是更加强调技术的重要性，而不是将其作为教育变革的主导力量。

> 木头能用来建造好房子吗？如果我用木头造了一间房子，然后这房子倒塌了，这能说明木头不能用来建造好房子吗？同理，锤子和锯子能制造出好家具来吗？这些问题以技术中心主义的立场违背了自身，它们忽略了人和其他只有人才能掌控的因素：技术、设计以及熟练程度。(p. 24, 1987)

建构主义促使我们重新思考学与教的概念。Logo 程序设计为让学生参与到问题解决和学会学习提供了一种试验环境。另外，用 Logo 进行程序设计也与通常使用计算机学习数学和科学的实践有本质的不同。不管有没有使用计算机，学与教中的许多挑战与学习科学依然相关。

这样，本章的目标就是更为清楚地阐明建构主义关于知识、教学以及学习的属性的观点。第一部分以 Logo 为例回顾了建构主义的历史根源，然后介绍知识建构、学习文化等关键的建构主义观点，并介绍知识建构在设计微世界和建构组件（construction kits）上的应用。接下来，我将呈现一个软件学习的案例，它的活动设计体现了建构主义的核心观点。在结论部分，我列举了建构主义和学习科学研究领域取得的成就及面临的挑战。

37

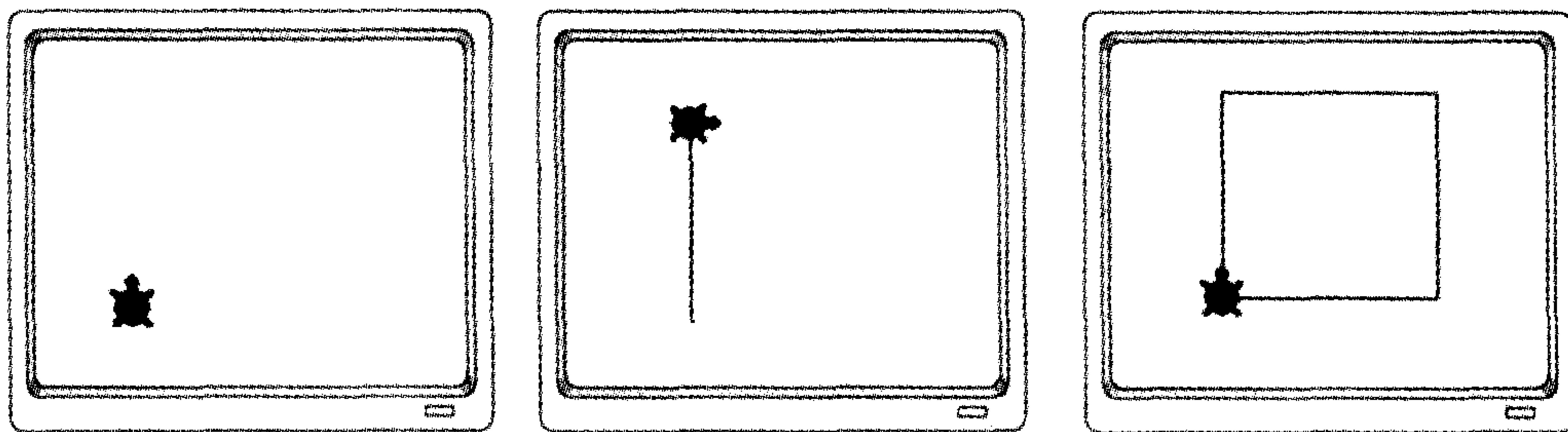


图 3.1　屏幕左侧显示了一只位于起始位置，等待编程的小海龟。图中间的小海龟显示了执行完以下命令后的位置：PEN DOWN FORWARD 10 RIGHT TURN 90。右图表示小海龟重复执行这一指令 4 次，或是执行以下命令时绘制了一个正方形：REPEAT 4 [FORWARD 10 RIGHT TURN 90]。

历史溯源

任何关于建构主义的历史叙述，都要先从 Logo 程序设计语言开始。借用雪莉·托克（Sherry Turkle，1995）所创造的术语来说，Logo 是一个“情感目标”（evocative object）——因为它体现了 20 世纪 80 年代早期学校应用计算机的许多争论。那时，计算机刚刚准备从高校的实验室中走出来，但是计算机被视为成年人的“专享领地”。Logo 并非是第一套供儿童使用的程序设计语言，当时很多学校使用的是 Basic 语言，实际上当时在何种语言最适合学校的问题上曾有过大量的争论。但是，与 Basic 语言相比，用 Logo 语言学习能确保学习的不仅仅是编程：它还能让儿童学会自己思考和学习，以及用全新的方法学习数学和科学。这些也是 Logo 与其他任何程序设计语言的不同之处。

Logo 第一个值得一提的特点是学习者与计算机的互动方式：儿童编写命令，在屏幕上移动一个图形物体——称为小海龟，而不是操作数组或者符号（见图 3.1 左）。用计算机编程就是对小海龟进行程序设计。程序设计者给小海龟命令如“向前走 10 步，然后右转 90 度”，在 Logo 语言中具体写为“FORWARD 10 RIGHT 90”（见图 3.1 中）。然后小海龟就在屏幕上移动，这样就提供了可视化的反馈来判断程序是否正确。此外，小海龟还带有一支钢笔，可以用来绘制小海龟的轨迹。命令“PEN DOWN FORWARD 10 RGIHT 90”，执行四次，就可以在

计算机屏幕上画出一个正方形（见图3.1右）。

第二个值得一提的特点是Logo的小海龟能够作为正规数学的首选替代物来帮助儿童学习数学，因为他们可以通过自己的身体知识体验小海龟是如何在屏幕上移动的。考虑下面的命令，让小海龟向前走一步，然后向右转1度，把这个动作重复360次，写作：REPEAT 360 [FORWARD 1 RIGHT 1]。利用钢笔，这一命令可以在电脑屏幕上绘制出一个圆。儿童可以假想自己是小海龟，用自己的身体执行这些步骤中的每一小步。佩伯特认为这个特点很重要，他把它称为协同学习（syntonic learning)，因为它允许学生通过多种方法识别计算的图形物体。

> 例如，小海龟绘出的圆是身体谐振，在于这个圆与学生对自己身体的感觉和知识是非常吻合的。也存在自我协同（ego syntonic)，它与儿童对意图、目标、意愿、喜恶的自我意识是一致的。它也是一种文化协同（culture syntonic)，因为在绘制圆的时候，小海龟帮助儿童将角的概念和轨迹的概念联系起来，这是深深扎根于学生的课外经验中的。(1980/1993, pp. 63 –68)

38

Logo允许儿童像在现实生活中操作实物一样移动屏幕上的小海龟。这样，海龟几何为学生学习正规的数学课程提供了一种形象的入门途径，使学生能把自己的个人经验与数学的概念和操作联系起来。

Logo的第三个特点同样重要，它可以帮助儿童学会学习、学会思考，或者说反思或元认知。佩伯特说，儿童在学习编程的时候，学会了表达编程思路、识别循环，并且在程序无法按预想运行的时候能“调试”（debug）自己的设想：“但是，将学习与编程进行类比是一种有效而容易操作的方法，它可以更清晰地显示学生如何调整自己的策略，并且细心地改进它们”（p. 23，1980/1993)。计算机程序因此变成“可以用来帮助思考的工具”，帮助学生以类似于有经验的学习者那样的方式来反思自己的表现。

因此，学习Logo程序包含着多重目标：学习编程、学习数学、学会学习，对于这一点，现在已经没有争议了。关于Logo在学校应用中成败的报道已经很多了，因此有必要提供一些争论的背景知识。理查德·诺斯和塞利·霍伊尔斯（Richard Noss & Celia Hoyles，1996）对美国和欧洲的历史情境进行深入分析后发现，某些更强大的文化力量只针对Logo进行批评和质疑，对别的程序语言却不是如此。在很多学校中，对于Logo对学习的益处只关注于问题解决技能的迁移，对于它对学习数学和促进教育改革方面的作用却较少提及。罗伊·皮和米德兰·库兰（Roy Pea & Midian Kurland，1984）所作的一系列更小规模的研究经常被引作核心证据来证明学习Logo程序设计不能产生任何可迁移的效果。这些研究存在几个研究方法上的问题，例如，忽略了学习编程时间的长度和所编制程序的类型，这些特点现在已经被用来作为指导设计成功的程序设计教学的原则

(Palumbo, 1990), 在后面关于学习软件设计的部分我将详细地讨论他们。另一个问题是，教师们经常采用 Logo 语言，却不是为了促进数学和科学课程的教育革新，即使他们有意变革，也无法获得学校机构的大范围的支持（Papert, 1991, 1997)。许多机构力量促成了 Logo 在学校中的使用，但 Logo 对于学和教的建构主义思想却很少获得认可。

建构主义的关键思想

“建构主义”一词隐喻地表示了人是通过建构自我知识进行学习的，它与教授主义强调知识传递的隐喻形成对比。尽管这两个隐喻具有多种含义，但仍然有必要解析知识建构的建构主义思想，并检视其个体和社会层面的动力因素。接下来我们要论述学习文化（learning culture）的概念，并了解学习环境中的哪些因素能够促进成功的知识建构。

知识建构

建构自我知识的思想极大地借鉴了皮亚杰的知识发展理论以及他关于儿童是以根本不同于成人的方式来理解世界的基本观点。他区分出两种机制：同化(assimilation）与顺应（accommodation)，解释了儿童如何理解与他们交互的世界，并将这些经验整合到自己的理解中。建构主义理论建立在这两个机制的基础之上，并且关注帮助学习者建立与已有知识联结（connections）的过程。知识建构中的一个关键方面是**适应**(appropriation)——学习者如何将知识内化并识别(identify）它们。这些适应不仅包括智力，还包括情感价值观。

39

根据佩伯特的观点，有形实物在知识建构过程中起着核心的作用。他提出了“参与思考的对象”(objects-to-think-with）这个概念，用以说明现实和数字世界中的对象（如程序、机器人、游戏等）如何成为大脑中的意识对象来帮助建构、检验和修正新旧知识之间的联结。“用以帮助思考的物体”如 Logo 中的小海龟，在支持**适应**的时候产生了独特的效果，因为它们促进了孩子们对物体的识别，或者说谐振学习。

建构主义与皮亚杰模式的更深层差别在于对具体和抽象的等量估值上。在皮亚杰的阶段理论中，形式抽象思维被视为所有知识建构的最终目标，具体思维总是与年幼并且水平低下的儿童相关。然而，特克和佩伯特（Turkle & Papert, 1990）认为，具体思维也可以与抽象思维具有同样的高级程度。总体而言，除了计算机文化外，科学倾向于强调抽象思维的价值，但是在研究程序设计者时，托克和佩伯特发现，组织策动的自上而下的方法或者有计划的方法，未必总是比即兴的、擅长灵活应对（bricoleur-like）的方法好。这种擅长灵活应对的方法并不是为

高级知识建构形式做铺垫，而是一种完全不同的组织计划和问题解决方法。

总之，知识建构是“学习过程中在已有的心智实体和以微妙方式脱离意识控制而出现的新心智实体之间建立联系的有意实践……这就启示我们可以通过提高学习环境的联结性，通过改进学习文化而非个体来促进学习”（p. 105，Papert，1993）。

学习文化

学习文化的重要性由佩伯特对儿童理解和学习数学的困难的观察可以获悉。皮亚杰的研究表明，所有儿童都能发展出初步的基本数学概念，但在随后学校教育的几年中，有相当一部分学生学习数学非常困难。在《头脑风暴》一书中，佩伯特列举了巴西桑巴舞学校的例子作为一种学习文化的可能印象：

> 这些并不是我们所了解的学校；它们通常是由几百至上千人组成的社会俱乐部。每个俱乐部有一幢建筑，是会员集会和跳舞的场所。每逢周末的晚上，会员们到桑巴舞学校跳舞、喝酒、交朋友。每年桑巴舞学校都要为下一年度的狂欢节准备主题。他们进行“选秀”活动、反复编写歌词、编排舞蹈，然后练习。会员们年龄不等，有儿童也有老人，能力差异也很大，有新手，也有专业选手。但他们在一起跳舞，并且跳的时候，每个人都在学习，也在传授知识。甚至一些明星也前来学习自己感到困难的部分。（1980/1993，p. 178）

佩伯特的学习文化的观点已经派生出了几个分支，从邻里中心（neighborhood centers）到虚拟世界（virtual worlds）等。例如“电脑俱乐部”（Computer Clubhouse）（Resnick，Rusk，& Cooke，1998）就是一种存在于课后班或社区中心的校外学习文化。在这些俱乐部中，年轻人以自己的意愿聚集在一起，并且学习使用具有创造性的软件，来制作各种数字图表、音乐以及视频。与学校不同，俱乐部中的这些活动没有成套的课程，在协调人和辅助教师的支持下，会员们负责相互介绍给对方新的活动。其他的例子包括“多用户在线环境”，在该环境中，社区成员们“生活”在其中的物品与房屋中，以此来设计虚拟世界中的各种元素，如布鲁克曼（Bruckman）的 MOOSE Crossing（本书）。

桑巴舞学校、计算机俱乐部以及 MOOSE Crossing 等例子的一个突出特点是，不同的社区成员之间有着丰富的互动。这些教学上的互动不同于传统课堂中的单向传递模式，而是采用学徒制模式（也见 Collins，本书），这样，所有的实践共同体成员均可以对更大的机构作出贡献（Lave & Wenger，1991）。尽管社会文化研究者强调学习文化的社会动态性，但建构主义者更多地把注意力集中在社会境脉如何提供机会帮助学习者对正在学习的知识建立联结。

40

Logo 微世界与建构组件

Logo 程序设计语言提供了一个有编程功能的物体——一只小海龟——以促进学习者在编程的情境中把数学概念和自己的思维建立起联系。**微世界**和**建构组件**拓展了 Logo 的不同特性来促进数学与科学学习。这些应用表明了建构主义理论如何能够推动计算机应用程序的设计开发。

微世界

微世界被描述为“基于计算机的交互学习环境，它嵌入一些必要因素使学习者能成为主动构建自己学习的设计师”（Papert，1980/1993，p. 122）。一个典型的例子就是动态龟标（Dynaturtle），它提供了一个物理环境，学习者可以体验牛顿物理学，以及历史上一些重要的相关学说，如亚里士多德的物理学等。学习者可以预先编制好程序，让小海龟的运动和状态按特定的规律运动。与基于计算机的辅导（computer-based tutorials）或者计算机辅助教学（computer-assisted instruction）不同，微世界不提供对这些运动规律的外显教学（explicit instruction）。学习者通过编程控制小海龟在没有摩擦力的虚拟世界中运动，并在这一互动中归纳出这些规律。

已经有人对 Logo 作了进一步拓展，使其成为支持大规模并行计算的微世界；现在成百上千的小海龟可以进行互动，而不仅仅是一只小海龟了。在 StarLogo 中（Resnick，1991），一个圆不再是由一只海龟画出，而是由几十只海龟遵循两个简单的规则制作出来：（1）彼此保持一定的距离；（2）避免聚在一起，而要远离其他海龟（见图 3.2）。

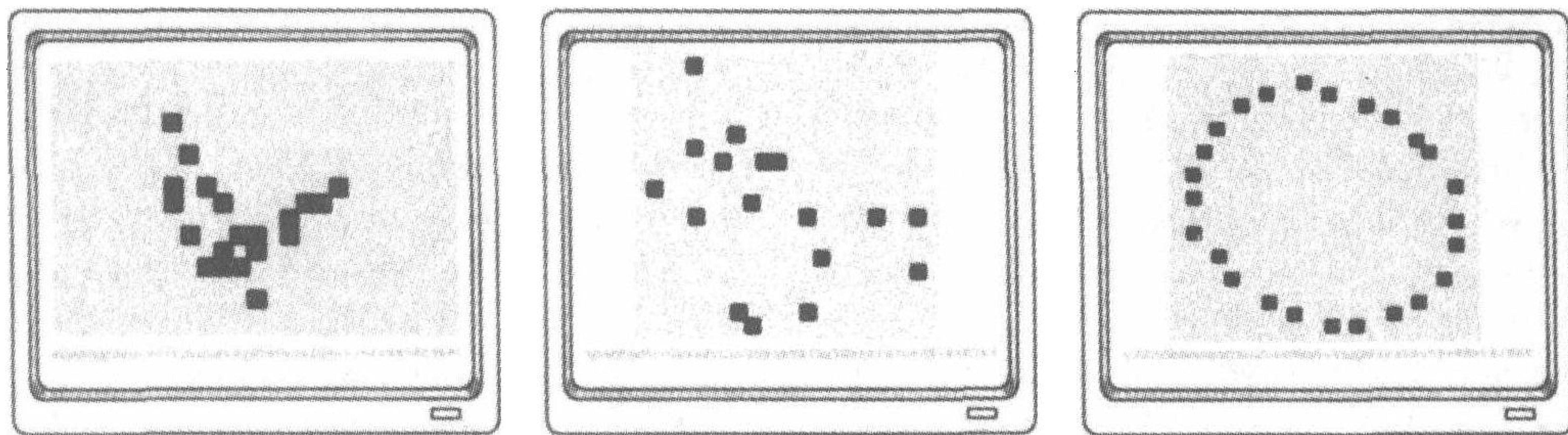


图 3.2　这些屏幕示意图表明了用 StarLogo 画圆的一个新方法。它不是用一只小海龟来画圆，而是用很多小海龟排列成一个圆。小海龟根据彼此的互动来确定位置。每只小海龟都遵循两个简单的规则：（1）它试图与另外的两个“邻居”保持一定的距离；（2）每只小海龟都“排斥”整体，试图远离所有其他的小海龟。在这两个规则下，小海龟们就自动排列成了一个圆。（经 StartLogo 网站许可改编，来源：http://education. mit. edu/starlogo）

这个版本的Logo与复杂系统设计中的突现法则（emergent discipline）联系在一起，复杂系统主要研究许多简单物体间的互动如何产生复杂的行为模式。许多自然现象和人类现象可以用这种方式来描述，如米切尔·雷斯尼克（Mitchel Resnick）在其著作《海龟、白蚁与交通堵塞》（*Turtles, Termites, and Traffic Jams*, 1994）中的论述。就如同Logo中的小海龟给学习者提供了解正规数学对象新方式的机会，StarLogo也以同样的方式给学习者提供了探索复杂互动中概率模式的机会（Resnick & Wilensky, 1998）。StarLogo可以为人们思考复杂系统中的突发事件提供触手可及的“用以思考的物体”。

微世界可以作为建构主义学习环境的原型，主要有以下几个原因。首先，科学和数学微观世界可以提供通常的课本或课堂中无法接触到的观点和现象——例如没有摩擦力的世界。其次，它们提供了对学生的互动和操作进行反馈的环境，由此来触动学生已有的朴素理解。第三，与微世界的这些互动使学习者可以发展其个体知识，这样可以为更正式的互动打下基础。最后，微世界创造了一种学习环境，在这个环境中关于数学（或科学）学习的讨论是课堂同伴文化的一部分。 41
Logo中的小海龟世界是“一个‘地点’，‘一个数学岛屿’，在这里可以轻松地创造并培养出某些类型的数学思维。这个微世界就是一个培养箱”（Papert, 1980/1993, p. 125）。自那时起，已有大批用于数学和科学学习的微世界涌现，但并不是所有的都是基于Logo环境的（更多关于微世界的案例和进一步的发展见diSessa, 2000; Edwards, 1998; Noss & Hoyles, 1996, 本书）。

建构组件

乐高组件玩具（LEGO™）与Logo程序设计语言结合在一起，创造出了用计算技术增强的建构组件，这些组件能让儿童探索工程和建筑设计。例如：给乐高玩具砖块（bricks）配上马达和传感器以及一种控制语言，就能将现实世界与数字世界联结起来（Resnick & Ocko, 1991）。LEGO™/Logo利用了建构主义使用材料和活动的传统，这些材料和活动已经是孩子们经验中的一部分，只是又扩充了编程功能，并且将工程学和机器人技术的活动带进了课堂和家庭。

LEGO™/Logo数字砖块可运用于从家庭到大学课堂的不同教育情境中。头脑风暴机器人竞赛（mindstorms robotics competitions）现在是许多高中和大学课堂内容的一部分，给机器人设定一个目标，并且给参赛小组一定的时间和资源，让他们用带有马达和传感器的LEGO™砖块制作出一个机器人；最后，各小组在竞赛中检验他们设计的作品。一项通过这个过程来追踪学生的研究发现，这种结合工程学和程序设计的活动给学生提供了动手以及团队合作的经历（Martin, 1996, 2001）。在传统的大学课堂上，大学生通常难以把课本上的知识转换并应用到真实的机器人设计中，并且很难学会区分理想化的系统与现实的系统。

进一步的研究通过将传统玩具例如球和珠子增强编程的功能，将 LEGO™/Logo 砖块概念带入了一个新领域（Resnick，1998）。给这些玩具添加传感器和反馈装置后，它们便有了不同的交互可能性。可编程的界面使儿童不仅能玩玩具，同时还能设计玩具。另外一个方向就是用计算机支持手工技能的发展，它利用计算机为传统的手工活动例如折纸艺术设计材料，这些材料可以打印在纸上，还可以供娱乐（Eisenberg，2003）。设计并创造这些多边形物体能让孩子们体验不同的几何概念。

42

佩伯特领导的麻省理工学院媒体实验室研究小组以及许多其他的研究小组已经开发、实施并检验了不同的建构主义学习文化和技术的案例。在该小组成员出版的两书中可以找到更为广泛的研究案例集以及进一步的理论文章，一本是《建构主义》（*Constructionism*，Harel & Papert，1991），另一本是《实践中的建构主义》（*Constructionism in Practice*，Kafai & Resnick，1996）。

学习导向的软件设计——一种建构主义学习环境

设计活动在建构主义中起着非常重要的作用。在构建可共享的人工制品如机器人、软件以及游戏的过程中，它们可以促进知识建构、重组（reformulation）以及表达。“**教学软件设计项目**”（The Instructional Software Design Project，下文：ISDP；Harel，1990；Harel & Papert，1991）提供了一个关于学生如何参与到这一过程的实例，这一实例中显示了他们如何设计教学软件帮助本校低年级的学生学习分数——他们正在数学课上学习的一个内容。课堂实践包括学生在笔记本上写下软件和教学的设计方案，在班上讨论分数的表征形式，邀请部分目标用户试用以获得反馈，以及在教师的引导下对软件进行评论。

ISDP 的课程模式对先前对于 Logo 研究的一些质疑作了回应（Palumbo，1990）。首先，它将日常的编程活动安排在教室中，而不是每周去一次较远距离的计算机实验室。其次，它将程序设计的学习与其他学科内容例如分数学习整合到一起，而不是让程序设计远离其他的课程。最后，它要求学生们创造一个有意义的人工制品，例如一个用于教授低年级学生的小型教学软件，而不是编制一些没有真实目标的程序代码片段。

对 ISDP 效果的分析为它对学习分数和程序设计的帮助方面提供了令人信服的证据，尤其是当与同一个学校的另外两个班级相比较时，其中一个班每周提供一次程序设计的机会，另一个每天都有程序设计的机会，但两者却没有将重心放在开发分数教学软件上。在这两个班级中，ISDP 的学生提高得最显著——不仅在程序设计技能方面，在对分数概念和程序的理解方面也是如此。学生们在自己设计的教学软件选择了自己的表征方式来为学习者呈现分数。个体访谈也显示出通过设计活动在学习中嵌入多重需求后，学生的元认知能力有了提高（Kolod-

ner，见本书）。另外，ISDP的学生显示出在调试Logo程序时的坚韧毅力以及在软件设计过程中协调多重学习需求的能力。让学生创造可共享的人工制品例如教学软件的重要性，是学习科学更加重视提供学习环境中真实的学习活动、产品以及工具的一个例证。此外，除了教师，还考虑学习产品的目标受众也是许多学习科学项目的另一个重要的特点。

ISDP的第一个版本设计取得成功之后，其后续版本中引入了学徒制（apprenticeship），以引导跨年级之间的联结来帮助营造学习文化。协作交互是很多学习科学环境和课程的关键因素。通过建立软件设计团队而不是个体设计者，并且将先前有软件设计经验和没有经验的学生混合编为小组，我们发现这些年轻设计者可以以多种方式运用他们先前的软件设计经验：如通过启动并且拓展小组中的科学对话（Kafai & Ching，2001），进行教学设计帮助更年幼的、没有经验的小组成员（Marshall，2000），以及在需要时提供程序设计辅助等（Ching，2000）。

在一项没有编程经验的不同年级学生组成的软件设计小组的比较研究中（Ching，2000），我们同样发现协作学习的质量存在着显著差异：有经验的软件设计小组更多的是进行协作支持而不是仅仅接过程序设计的任务，他们允许那些较少经验的成员犯错误，但会监控其程序设计活动，并在需要时为他们提供更多获取计算机资源的途径。我们的分析发现，影响学生设计者解决编程和协作互动的决定性因素是经验而不是年龄。学徒制作为协作交互的模型，在团队以及教师指导的课堂中扮演着分配责任的关键角色。

但是在比较两类小组的时候，最重要的发现源于对小组中学徒交互的分析。与经验丰富的小组成员一起的学生们可以获得更加灵活、更强调协作的任务安排。相反，与高年级且没有经验的成员一起的学生更多地被分配到监督活动中，而不参与程序设计活动；他们开发独立的程序设计技能的机会大大地减少了，因为年长的成员指挥着整个活动，以试图避免错误。这些不同的小组对项目中的成员角色也产生了不同的理解。有经验的软件设计者通常会扮演更多的角色，包括设计、帮助、教授以及理解年幼学生的疑虑与兴趣。当然，就如对一个长期程序设计学习案例进行的纵向研究所发现的，这种理解也会随时间发生变化。（Kafai & Roberts，2002）。

尽管教学软件设计已经在学校文化中安全地扎了根，包括以购买商业软件的形式，以及由学生自己设计的形式，但视频游戏之类的娱乐媒体却很少被引入课堂。在ISDP项目的后续部分中，研究者要求一个10岁左右的学生班级设计并编程制作自己的视频游戏。孩子们在6个月的时间里几乎每天都见面，通过创造他们自己的人物、故事情节、游戏主题以及人机交互来设计整个游戏。在与其他没有参与拓展程序设计的班级比较时，我们再次发现了这一程序设计学习方式的好处（Kafai，1995）。

学生们创造的游戏值得仔细看看，并且也值得把它们从教学和游戏的角度作

为微世界来检查（Kafai，1996）。游戏设计活动为男孩女孩们提供了一个以自己的方式驰骋观点与想象的微观世界。然而，这些设计活动最突出的特点是：性别差异几乎渗透到游戏设计的方方面面。与女孩设计的游戏相比，男孩设计的游戏几乎都充满了梦幻背景、多种角色以及激烈的反馈（见图 3.3 与图 3.4）。

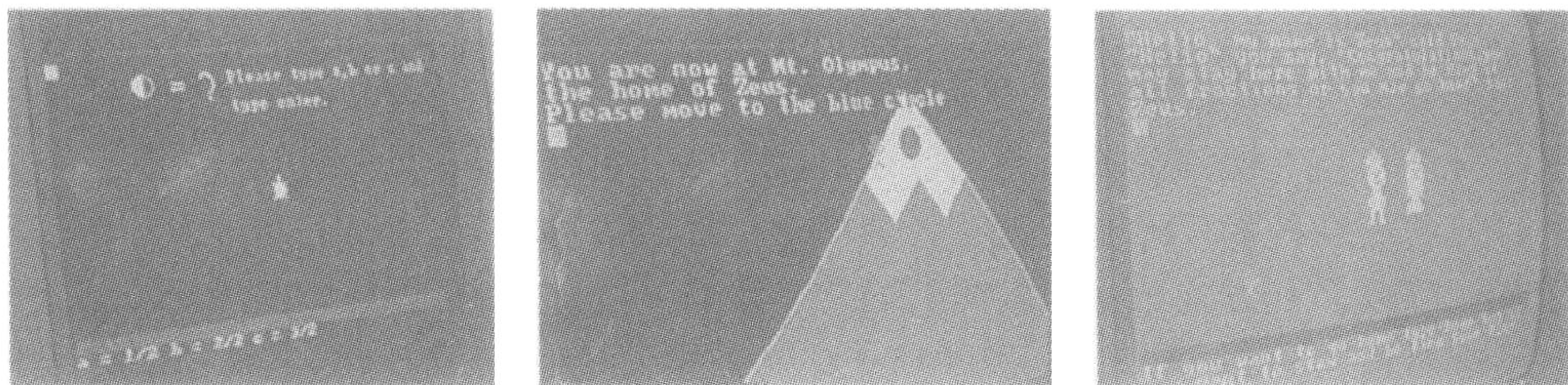


图 3.3　一个女孩设计的分数游戏。三个屏幕显示的是埃米设计的一个希腊神话分数游戏，游戏中玩者的任务是把地图的碎片重新拼合起来，找到奥林匹斯山上的分数之神。左图是一道分数题，中图是奥林匹斯山的游戏成分，右图是会见奥林匹斯山上的分数神和神后。

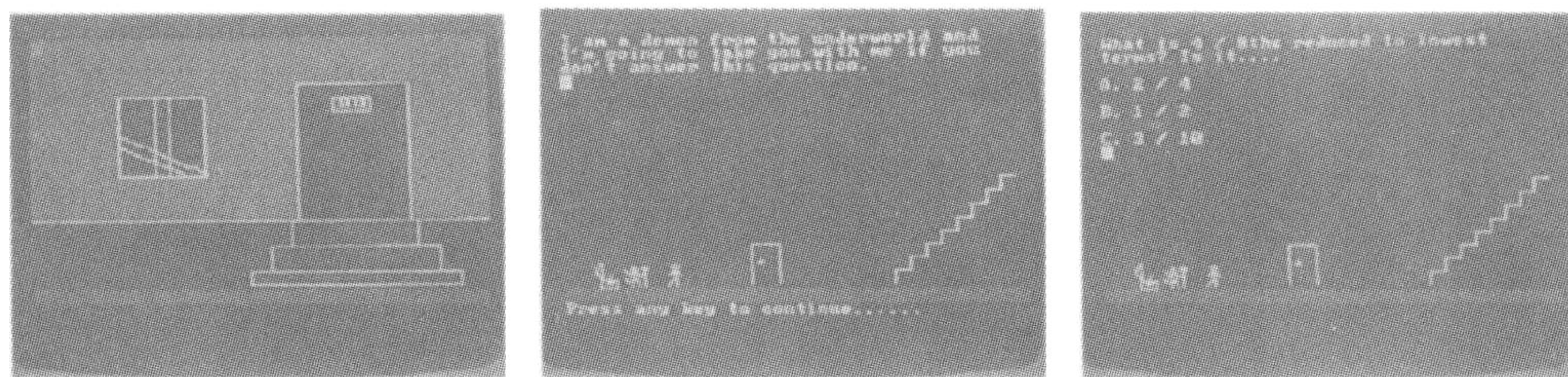


图 3.4　一个男孩设计的分数游戏。阿尔伯特设计了一幢鬼房子分数游戏，游戏者要探索房子中如右侧图所示的不同房间。当游戏者打开宝箱时，魔鬼就从里面蹦出来，问一个分数问题（中间屏幕）。答错就将游戏者送到地狱，靠吃油炸食物度过余生。

44　　例如，几乎所有的男孩都创造了比较刺激的冒险或者探索的情节，而女孩们的游戏则相对平均地选择了冒险、技能/运动或者教学。在游戏主题选择、动画和交互的程序设计上，学生们从其他媒介获得的对游戏或故事的体验也可以窥见一斑，例如觉得哪些有吸引力而哪些没有。设计游戏及其规则使得游戏设计者们得以控制并决定游戏者在虚拟世界中的位置和角色，以及所有的结局。

与前面我们讨论过的微世界不同，绝大多数学生设计者采用的教育的交互作用（pedagogical interactions）本质上属于操作—练习模式。几乎所有的现存游戏都采用多项选择题方式，并且期待目标学习者作出回答。在这些游戏中，学习者很少有建构的成分。我们在后续调查中发现，学生对建构性游戏活动确实有自己的模式，但是他们通常都认为教授就是提出问题，而学习就是回答问题（Kafai，

Franke, Ching & Shih, 1998)。

正在建构中

建构主义代表了个人主义、认知过程（它强调个体适应和知识建构）以及更多社会与文化过程（它关注学习文化的设计与参与）的特定组合。微世界和建构组件已经成为建构主义中最普遍的教育软件，因为它们把文化和个体两方面结合到了一起。它们是文化的，是因为它们包含了特定的学科思想；它们是个体的，是因为它们允许个体就此表达自己的观点。

值得深入研究的一个方面就是知识的发展及其与个体的联系。我已经讨论过联结在知识建构过程、在新旧观点以及通过知识促进人际关系方面的重要性。然而在学习科学中，仍然缺乏对这个部分足够的关注。学习通常被描绘成促进对学科知识的理解及进行科学实践。学习科学经常在动机的基础上开展基于项目的研究（Blumenfeld, Kemplar, & Krajcik, 见本书），但是它们并没有像汉斯·弗思（Hans Furth, 1987）在其引发争论的论文中所论述的那样把“知识作为期望”（knowledge as desire），汉斯的文章整合了皮亚杰和弗洛伊德的观点，把学习的认知层面与情感层面结合起来。未来的研究需要进一步促进这些学科实践与兴趣的结合，以对学习如何融入学习者个人的社会情感生活形成更好的理解。

45

学习文化的概念为设计成功的学习环境提供了有用的隐喻。许多学习科学家基于专业实践如何发生的研究来指导学习环境的设计。但这样他们很可能只是选择了专业实践的其中某种特定模式，而在绝大多数专业领域中通常有多种途径。例如，很多职业程序员擅长采用自上而下的、更为抽象的方式，实际上工程类院校就是用这一方式来教学的。但是，有些成功的程序员会采用更为具体的、擅长灵活应对的方式。如果学习科学家们仅仅在一种专业实践模式的基础上设计课堂教学，那么他们很可能会误解成功实践的意义。这对科学、数学以及工程学中的性别表征（gender representation）有着特殊的影响，因为女性经常偏爱专业领域中那些通常被官方认为价值不大的实践方法。科学研究已经证明了价值不大的实践方法同样可以取得成功，如诺贝尔奖得主芭芭拉·麦克克林托克（Barbara McClintock）（Keller, 1983）的案例。现在的问题是，我们的学习文化和实践是什么样子的？我们又该在何处着手创造新的学习文化和实践——特别是我们想让学习者不因循守旧，而是开拓创新。这是对学习科学中新一代工具和环境的挑战。

在本章，我就如何设计建构主义学习环境、技术，以及创造支持学习文化的活动等各个关键问题进行了论述。微世界和建构组件表明，学习技术的设计是在心智理论中发展起来的，并伴随着学科性的理解。学习科学中的许多发展都受这个前提的影响，并且通过提供支持学习者探究、合作和反思的脚手架，持续开发

着微世界和建构组件的变种（见本书 Edelson & Reiser；Noss & Hoyles；Pea & Maldonado；Stahl，Koschmann，& Suthers）。对学习软件的设计表明，需要把技术整合到一个更大范畴的学习文化中。学习科学的许多课程已经采用了基于项目的学习方法，来为学习者创造动机和真实的情境，以便实践和发展他们的技能（比如 Krajcik & Blumenfeld，见本书；Linn；Scardamalia & Bereiter，见本书；Songer，见本书）。建构主义理论让我们在学习科学的设计和调查中不得不考虑个体与社会文化方面。

致谢

本章中所描述的作者的研究得到了“国家科学基金会中青年基金的支持”（项目编号：9632695）。本章的写作部分得到了国家科学基金会的支持（项目编号：0325828）。本文观点仅代表作者个人观点，不一定代表赞助基金机构或加里福尼亚大学洛杉矶分校的观点。

参考文献

Ching，C. C.（2000）. *Apprenticeship，learning and technology：Children as oldtimers and newcomers in the culture of learning through design.* Unpublished doctoral dissertation. University of California，Los Angeles.

diSessa，A.（2000）. *Changing minds：Computers，Learning and Literacy.* Cambridge，MA：MIT Press.

Edwards，L.（1998）. Embodying mathematics and science：Microworlds as representations. *Journal of Mathematical Behavior*，17（1），53－78.

Eisenberg，M.（2003）. Mindstuff：Educational technology beyond the computer. *Convergence*，4，45－76.

Furth，H. G.（1987）. *Knowledge as desire：An essay on Freud and Piaget.* New York：Columbia University Press.

Harel，I.（1990）. *Children designers.* Norwood，NJ：Ablex.

Harel，I.，& Papert，S.（1991）. Software design as a learning environment. *Interactive Learning Environments*，1（1），1－30.

46 Kafai，Y. B.（1995）. *Minds in play：Computer game design as a context for children's learning.* Hillsdale，NJ：Lawrence Erlbaum Associates.

Kafai，Y. B.（1996）. Gender differences in children's constructions of video games. In Patricia M. Greenfield & Rodney R. Cocking（Eds.），*Interacting with video*（pp. 39－66）. Norwood，NJ：Ablex Publishing Corporation.

Kafai，Y. B.，& Ching，C. C.（2001）. Affordances of collaborative software design planning for elementary students' science talk. *The Journal of the Learning Sciences*，10（3），323－363.

Kafai, Y. B., Franke, M., Ching, C., & Shih, J. (1998). Games as interactive learning environments fostering teachers' and students' mathematical thinking. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 3 (2), 149 - 193.

Kafai, Y. B., & Resnick, M. (1996). *Constructionism in practice*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Kafai, Y. B., & Roberts, M. (2002). On becoming junior software designers. In R. Stevens & P. Bell (Eds.), *Proceedings of the Fifth International Conference on the Learning Sciences* (pp. 191 - 198). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Keller, E. F. (1983). *A feeling for the organism: The life and work of Barbara McClintock*. San Francisco: W. H. Freeman.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. London: Cambridge University Press.

Marshall, S. (2000). *Planning in context: A situated view of children's management of science projects*. Unpublished doctoral dissertation. University of California, Los Angeles.

Martin, F. (1996). Ideal and real systems: A study of notions of control in undergraduates who design robots. In Y. Kafai & M. Resnick (Eds.), *Constructionism in practice* (pp. 255 - 268). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Martin, F. (2001). *Robotic Explorations: A Handson introduction to engineering*. New York: Prentice Hall.

Noss, R., & Hoyles, C. (1996). *Windows on mathematical meanings: Learning cultures and computers*. Dordrecht: Kuwer Academic Publishers.

Palumbo, D. (1990). Programming language/problem-solving research: A review of relevant issues. *Review of Educational Research*, 45, 65 - 89.

Papert, S. (1980/1993). *Mindstorms* (2nd ed.). New York: Basic Books.

Papert, S. (1987). Computer criticism versus technocentric thinking. *Educational Researcher*, 16 (1), 24 - 28.

Papert, S. (1991). Situating constructionism. In I. Harel & S. Papert (Eds.), *Constructionism* (pp. 1 - 14). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. New York: Basic Books.

Papert, S. (1997). Tinkering towards utopia: A century of public school reform. *Journal of the Learning Sciences*, 6 (4), 417 - 427.

Pea, R., & Kurland, M. (1984). On the cognitive effects of learning computer programming. *New Ideas in Psychology*, 2 (2), 137 - 168.

Resnick, M. (1991). New paradigms for computing, new paradigms for thinking. In Y. Kafai & M. Resnick (Eds.), *Constructionism in Practice* (pp. 255 - 268). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Resnick, M. (1994). *Turtles, Termites, and Traffic Jams*. Cambridge, MA: MIT Press.

Resnick, M. (1998). Technologies for life long learning. In *Educational Technology, Research & De-*

velopment, 46 (4), 43 - 55.

Resnick, M., & Ocko, S. (1991). LEGO/Logo: Learning through and about design. In I. Harel & S. Papert (Eds.), *Constructionism* (pp. 141 - 150). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Resnick, M., Rusk, N., & Cooke, S. (1998). The computer clubhouse: Technological fluency in the inner-city. In D. Schon, B. Sanyal, & W. Mitchell (Eds.), *High Technology and Low Income Communities* (pp. 266 - 286). Cambridge, MA: MIT Press.

Resnick, M., & Wilensky, U. (1998). Diving into complexity: Developing probabilistic decentralized thinking through role-playing activities. *Journal of the Learning Sciences*, 7 (2), 153 - 172.

Turkle, S. (1995). *Life on the screen: Identity in the age of the Internet.* New York: Simon & Schuster.

Turkle, S., & Papert, S. (1990). Epistemological pluralism and the reevaluation of the concrete. *Signs*, 16 (1), 128 - 157.

第4章

认知学徒制

艾伦·柯林斯

47

纵观历史，教和学都是以学徒制为基础的。儿童学习如何说话、种植农作物、制作家具以及缝制衣服，但是他们不是在学校学会这些事情的，而是他们家庭及社区中的长辈告诉他们如何做，并且帮助他们完成的。甚至在现代社会，我们仍通过学徒制来学习一些重要的事情：在家庭中学习母语；工人在一份新工作开始的几个月中学习关键的工作技能；科学家们通过与他们的前辈们一起并肩工作，作为他们攻读博士学位的一部分，来学习如何进行世界级的研究。但是对于绝大多数其他知识来说，学校教育代替了学徒制。要求受教育的学生数量在最近两个世纪急剧增加，在大规模的现代学校中利用学徒制逐渐变得行不通了。学徒制要求很小的师生比率，然而这在现代工业经济背景下的大型教育系统中是不现实的。

在现代社会，当一个人拥有资源和强烈的学习愿望时，他们也经常会雇用一个教练或辅导教师通过学徒制来教他们——这表明即使在现代社会中学徒制仍然是更有效的教育方式。如果有某种方法既可以发挥学徒制的强大功效，又可以做到不花费太多费用就可以为每两三名学生雇一名教师，那么这将是提高学校教育的一种强有力的方式。在20世纪七八十年代，我与其他学者一起研究了教育与新计算机技术的交叉部分，我研究的是这个新技术如何帮助我们改进学校教育。我与同事约翰·西利·布朗（John Seely Brown）一起，我们开始相信可以开发以计算机为基础的学习环境，这种学习环境能为学生提供类似学徒制的经验，因为它能提供密切关注与及时反馈，而这些通常与学徒制紧密相关。

从传统学徒制到认知学徒制

48

在对非洲一家裁缝店的研究中，莱夫概括了传统学徒制的主要特征（Lave，1988）。首先，传统学徒制密切关注在某一领域中执行任务的特殊方法。其次，技能是顺利完成现实任务的工具，学习是嵌入在社会和功能的情境中的，而学校

教育则不同，它的技能和知识通常是从现实世界应用中抽象出来的。学徒们通过一种莱夫称为观察、指导和练习的组合方式来学习某领域特定的方法。在这些活动的顺序中，学徒们反复观察师傅和他（或她）的助手执行（或示范）目标过程，这通常包括一系列不同而相关的次级技能。然后，学徒在师傅的指导和帮助下试着执行过程（即指导）。指导的一个重要内容是引导性参与（guided participation）：师傅几乎在新手们获得每个必要技能之前都提供密切的反馈来帮助新手完成整个任务。当学习者掌握了越来越多的技能时，师傅会减少自己的参与，对学习者提供更少的提示和反馈。最后，当学徒已经能够顺利而稳定地执行整个任务时，师傅就完全退出指导。当然，当听到“学徒制”这个术语时，大部分人都会想到非常传统的职业，例如制鞋或农业。我和约翰·西利·布朗认识到，学徒制的概念必须更新，以便与现代学科如阅读、写作和数学相适应。我们将更新后的学徒制称为“认知学徒制”以强调以下两个方面的内容（Brown，Collins，& Duguid，1989；Collins，Brown，& Newman，1989）。

首先，“学徒制”强调，认知学徒制主要针对教学过程，这一过程中专家通常是处理复杂任务的。与传统学徒制一样，认知学徒制强调知识必须用来解决现实生活中的问题。概念性知识和事实性知识只有在不同情境中使用后才能掌握，我们鼓励学生对概念和事实本身的意义进行更深的理解，并在它们与问题解决情境之间建立丰富的联系网络。既关注专家过程又关注情境学习是传统学徒制和认知学徒制共有的。

其次，“认知”强调要关注认知技能和认知过程，而不是现实技能与过程。传统学徒制发展了教的领域，在这些领域中执行目标技能的过程是外显可见的，这样，便于学生和老师观察、评论、加工和修改，并且这个过程与具体产品有着相对明确的映射关系。但在现有学校大多数科目教学中，教师无法对学生如何应用技能和知识解决问题与完成任务进行有效的调整，因为他们看不到学生头脑中认知过程是如何进行的。同样的道理，学生也无法获知教师解决问题的认知过程，而这是观察和模仿式学习的基础。在学徒制方法可以应用于学习认知技能之前，必须改变学习环境以使得这些内部思维过程外显化。设计认知学徒制是用来将这些认知过程外显化，这样学生就可以观察、参与和实践它们了。

认知学徒制与传统学徒制之间有两个主要的区别：第一，由于传统学徒制设在工作场所，分配给学习者的问题和任务不是出于教育目的，而源自于工作要求。因为工作决定了学生要实践的任务，因此可以应用传统学徒制进行教学的领域是有限的。与传统学徒制不同的是，在认知学徒制中挑选任务和问题是为了说明特定技术和方法的功能，给予学生在多种情境中应用这些方法进行实践的机会，并且任务的难度逐渐增加，因此，各种技能和模型（models）组件就可以进行整合了。简而言之，任务是顺序性编排的，反映了学习需求的变化。第二，传统学徒制强调在应用境脉中教授技能，而认知学徒制强调一般化的知识，以便可

49

以在很多不同的环境中应用。认知学徒制拓展了实践的应用范围，并且明确了应用规则，这样学生可以学习在不同的境脉下应用这些技能。

认知学徒制的框架

认知学徒制注重构成学习环境的四个维度：内容、方法、顺序和社会学（见表 4.1，选自 Collins，Hawkins，& Carver，1991）。

表 4.1　设计认知学徒制环境的原则

内　容	专家技能需要的知识类型	
	领域知识	学科具体的概念、事实和程序
	启发式策略	完成任务所需的一般应用技术
	控制策略	指导解决过程的一般方法
	学习策略	如何学习新概念、事实和程序的知识
方　法	促进专家技能发展的方法	
	示范	教师操作一项任务以便学生可以观察
	辅导	当学生执行任务时教师观察并提供帮助
	脚手架	教师提供支持来帮助学生执行任务
	表达	教师鼓励学生表达出他们的知识和想法
	反思	教师使学生能够比较彼此的行为表现
	探索	教师建议学生提出自己的问题并解决这些问题
顺　序	安排学习活动顺序的关键	
	增加复杂性	逐渐增加有意义任务的难度
	增加多样性	在多种情境中实践，以此强调广阔的应用范围
	全局到局部技能	在执行局部任务前将整个任务概念化
社会学	学习环境的社会特征	
	情境化学习	学生在现实任务的情境中学习
	实践共同体	交流用于完成有意义任务的不同方法
	内部动机	学生建立个人目标来寻求技能和解决方案
	合作	学生们一起完成他们的目标

内容

最近的认知研究开始区分专家所需要的知识种类。当然，专家必须掌握与特殊领域相关的明确的概念、事实和程序——研究者称为**领域知识**(domain knowledge)。它包括与一个特定学科明确区分的概念、事实和程序。这种知识通常在课本、课堂讲授和课堂演示中能找到。例如，阅读中的领域知识包括词汇、句法和语音规则等。

领域知识对专家的绩效是必要的，但光有领域知识是不够的。对于学生在某个领域中如何解决问题和完成任务，它并没有提供足够的指导性信息。最近，心理学家试图将**隐性知识**显性化，这些隐性知识是使人们有能力利用概念、事实以及程序来解决现实问题的知识（Bransford et al.，见本书)，我称这第二种知识为**策略知识**。现有研究已经区分出了三种策略知识。

1. **启发式策略**：一般是完成任务的有效技术和方法，这些任务可能被认为是“职业诀窍”（tricks of the trade)；它们不会一直有效，但是当它们起效时，作用是巨大的。绝大多数启发式策略是专家们在解决问题的实践中默示地获得的。然而，有一些尝试值得注意，它们试图将启发式学习外显化（Schoenfeld，1985)。在数学中，一种解决问题的启发式方法就是设法找出简单案例的解决方法，并且看这种方法能否推广。

2. **控制策略或元认知策略**：控制执行任务的过程。控制策略有监控、诊断以及补救要素；如何实施任务的决策，通常依赖于对个人当前状态和目标状态的评估，既要分析当前的困难，也要分析解决这些困难可用的策略。例如，阅读理解的一种监控策略是尝试陈述已阅读部分的要点，如果你做不到，那么最好重新阅读原文。

3. **学习策略**：是学习领域知识、启发式策略和控制策略的策略。关于如何学习的策略知识范围甚广，其跨度从探索某一新领域的一般策略到为解决问题或执行复杂任务而拓展、重构已有知识的具体策略。例如，如果学生想学会更好地解决问题，他们需要学习如何将教材中例题的每一解题步骤与课本所介绍的原理进行联系（Chi et al.，1989)。如果学生想写得更好，他们需要学习分析其他文章中的优点和不足。

50

方法

强调学徒制的教学方法能够给予学生观察、参与以及发明或发现情境中专家策略的机会。与认知学徒制相关的六种教学方法大致分为三组。前三种方法（示范、辅导和脚手架）是传统学徒制的核心。它们是用来帮助学生通过观察和

引导性实践以获得一系列整合的技能。接下来两种方法（表达和反思）是用来帮助学生集中注意力观察专家解决问题的过程，并有意识地形成（并控制）自己的问题解决策略。最后一种方法（探索）旨在鼓励学习者的自主性，探索不仅指像专家那样解决问题，也包括界定并形成需要解决的问题。

1. **示范**：主要是演示专家执行任务的过程，以便学生能进行观察并对需要完成的目标过程形成概念模型。在认知领域，这就要求将常规的内部过程和活动外显化。例如，老师可能以一种声调大声朗读来示范读书的过程，而在表达自己的思想感情时则用另一种声调（Collins & Smith，1982）。在数学中，舍恩菲尔德（Schoenfeld，1985）通过在课堂上为学生解决新的难题来示范解决问题的过程。

2. **辅导**：包括观察学生执行任务并为其提供建议、挑战、脚手架、反馈、示范、提醒，目标是使他们的行为水平更接近专家。辅导与在学生试图完成任务的过程中产生的特定事件或困难相关。在帕林斯卡和布朗（Palincsar & Brown，1984）的相互教学法（reciprocal teaching）中，老师通过让学生问问题、阐明困难、归纳总结和进行预测来辅导他们。

3. **脚手架**：指老师为帮助学生执行任务而提供的支持。辅导广泛使用各种不同的方法来促进学习，而脚手架则在比较狭窄的范围内为学习者提供支持。这些支持可能采取建议或帮助的形式，如帕林斯卡和布朗（1984）的交互式教学；也可以采用现实中的支持形式，如斯卡达玛莉亚、巴雷特和斯坦贝克（Scardamalia，Bereiter，Steinbach，1984）在提高写作中使用的提示卡片；或者在教下坡滑雪时使用短途滑雪（Burton，Brown，& Fischer，1984）。**淡出**是指逐渐减少支持直到学生可以独立完成任务为止。

4. **表达**：包括任何让学生明确陈述某个领域中的知识、推理或问题解决的过程。探究式教学（Collins & Stevens，1983）是通过探询学生以引导他们表达和完善自己的理解的策略。教师也可以鼓励学生在解决问题时明确表达他们的想法，或者让学生在合作活动中扮演评论家或班长的角色，以便向其他同学明确表达自己的想法。例如，应用探究式教学的老师在阅读中可能会问学生为什么一篇文章的摘要很好而另一篇摘要不好，以便让他们形成对一个好摘要的明确模型。

5. **反思**：是指学生将自己的问题解决过程与专家、其他学生的进行对比，最后，还要跟专家智慧的内部认知模式比较。反思时，可以使用多种技术复制或“重播”专家和新手的表现以进行比较。其目标是要探寻某种可以体现专家和新手行为的关键特征的“抽象重播”（abstract replay）（Collins & Brown，1988）。在阅读或写作中，鼓励反思的方法通常是先记录学生说出的想法，随后重放录音并与专家和其他学生的想法进行比较。

6. **探索**：是指引导学生自主寻找解决问题的模型。探索对于学习如何确定自己感兴趣或是能够解决的问题是非常关键的。探索这一教学方法通常先为学生制订总的目标，然后鼓励他们关注感兴趣的特殊子目标，或者在发现更有意义的

问题时对总目标进行修订。例如，老师可能让学生去图书馆调查并写出恐龙灭亡的原因。

先后顺序

认知学徒制提供了一些原则来引导学习活动的先后顺序。

1. **逐渐增加复杂性**：指构建多个任务的先后顺序，越到后面需要越多专家行为所必需的技能和概念（Burton，Brown，& Fischer，1984；White，1984）。例如，在阅读中增加复杂性，可能包括从相对较短的文章以及简单的句法和具体的描述，逐渐发展到观点复杂关联、较难概括的文章。

52

2. **逐步增加多样性**：同样涉及构建多个任务的先后顺序，越到后面，所需要的策略或技能也越宽泛、越多样。技能学得越好，就越需要引入那些需要多种技能和策略的任务，这样学生就可以知道何种条件下可以（和不可以）应用它们。此外，当学生学习应用技能解决多样化的问题时，他们的策略就可以与情境建立丰富的关联，这样就更容易迁移到不熟悉或新颖的问题情境中。对于数学，任务多样性可以通过混合类型迥异的问题来实现，如要求学生用代数和几何概念与技术相结合的方法来解决问题。

3. **全局技能优先于局部技能**：在裁缝业中（Lave，1988），学徒在学习将布裁剪成布块前先学会把已裁剪好的布块缝成衣服。这个编排原则的主要作用是让学生在关注细节之前先建构一个总的概念地图（conceptual map）（Norman，1973）。对整体活动有一个清晰的概念模型有助于学习者弄清楚他们正在执行的子任务的意义，从而提高他们自我监控和自我修正技能的能力。例如，在代数中，可能会用计算机来执行低水平的计算——局部技能——这样学生可以关注任务的全局结构，以及解决一个复杂的真实问题所需要的更高水平的推理和策略。

社会学

裁缝学徒并非在一个特定的、被分离的学习环境中学习他们的手艺，而是在一家繁忙的剪裁店。他们生活在裁缝店主和其他学徒的圈子中，这些人的技艺水平是处于不同层次的。从一开始，这些学徒就被要求直接参与实际的服装裁制活动中，而不是迅速掌握独立制衣的技术。这样，学徒们在真实问题的应用情境中，在关注专家实践及由之定义的文化中学习技能。此外，学徒制社会组织的某些方面关注学习与技能本质的实用意义，这对于学习者的动机、信心是非常重要的，更重要的是，这还影响了他们对学习时遇到问题的态度。这些方面提出了影响学习社会学的几个特征。

1. **情境化学习**：促进学习的一个关键要素是，使学生在一种反映现实世界

任务本质的环境中执行任务并解决问题（Brown，Collins & Duguid，1989；Lave & Wenger，1991）。例如，阅读和写作教学可能会把学生置于这样的情境，让他们集中阅读一本关于所学的科学知识的书。杜威在他的实验学校创造了一个情境化的学习环境，他让学生完成一个强调算术和计划技能的任务，来设计和组建一所俱乐部会所（Cuban，1984）。

2. **实践共同体**：指的是构建一个学习环境，在这个环境中参与者可以积极地交流、操作与专门知识相关的技能（Lave & Wenger，1991；Wenger，1998）。这样的共同体会给成员一种归属感，并以个体投资（personal investment）和相互依赖为特征。它不是强迫性的，但是可以通过公共项目和共享经验来营造。例如，为阅读实践共同体设计的活动可以是让学生讨论如何解释特别难的文章。

3. **内部动机**：与情境化学习和构建实践共同体的问题相关的就是提高学习内部动机的需要。莱珀和格林（Lepper & Greene，1979）认为创建合适的学习环境非常重要，这些环境可以让学生因内在动机而不是外部原因——如取得好成绩或是取悦教师——去完成任务。例如在阅读和写作中，学生利用电子邮件与另一个地方的学生进行交流，可以让学生获得这种内部动机。

53

4. **促进合作**：是指让学生一起工作，来培养合作解决问题的能力。通过合作解决问题来学习是扩展学习资源的一个强有力的推动力和机制。在阅读中，促进合作的形式可能是让学生成对合作，一名学生表达他在阅读时的思维过程，而另一名学生询问他作出不同推断的原因。

认知学徒制研究中的主题

在认知学徒制首次被引入的几年中，已经有大量研究尝试发展包含这些原则的学习环境。这些原则中有些已经得到了进一步发展，特别是情境化学习、实践共同体、学习者共同体、脚手架、表达和反思。

情境化学习

基于目标的行动计划（Schank et al.，1994，Nowakowski 等，1994）包含了认知学徒制的许多原则。这些原则可以置于以计算机为基础的环境或自然的环境中。通常要求学习者完成真实的任务并为他们搭建所需的脚手架。例如，在一个基于目标的情境中，研究者要求学习者向一些已婚夫妇介绍如何判断自己的孩子患上一种名为镰状细胞贫血症的遗传疾病的可能性。为了给这些夫妇提出建议，学习者必须找出会导致这一疾病的基因组合，并通过测试确定父母的基因结构。系统为学习者提供了脚手架支持，比如用来寻求建议的各类专家的档案。在更多其他基于目标的情境中，支持学习者的挑战性任务还包括：汇集新闻广播、解决

环境问题或开发计算机预订系统。基于目标的情境使得将认知技能和领域知识在情境中的整合运用成为可能，这样人们不仅可以学习他们需要的基本技能，还可以学习何时以及如何应用这些技能。视频和计算机技术增强了创建模拟环境的能力，在这个环境中学生可以进行情境式的学习。视频技术这种新用途的一个例子是由范德比尔特（Vanderbilt）大学认知与技术小组开发的支持中学数学教学的贾斯帕系列（Jasper series，1997）。在一系列15—20分钟的视频中，学生被置入不同的问题解决情境中，例如为学校市场制订商业计划或为受伤的老鹰制订营救计划。这些问题都很棘手，并且反映了真实生活中复杂的规划和解决问题的过程。中学生以小组形式携手合作数日，逐一解决问题。这种问题解决方式使学生对数学概念内涵的理解，远比解决传统学校数学问题时获得的理解丰富。

这些情境化学习的任务与绝大多数学校任务不同，因为学校中的任务是脱离情境的。想象一下，如果在学习打网球时，教练仅仅告知我们比赛规则，然后就只是练习正手、反手击球，却没有让我们参加甚至观看任何网球比赛。如果教练这样教，我们很难理解学习的意义。但在学校，学生在学习代数和莎士比亚的作品前并没有人告知在生活中如何使用它们。现实中教练教网球的方式可不是这样，教练可能会先演示如何握拍和挥拍，但很快就会安排你去击球并与人对打。一个好的教练可能让你在对打和练习特殊的技能之间来回练习——将全局目标和关注局部知识的情境学习结合起来。情境化学习的本质思想是既关注完成任务，又关注执行任务所需的潜在能力。

54

实践共同体

莱夫和温格（Lave & Wenger，1991；Wenger，1998）写了大量文章介绍实践共同体以及学习如何在这些情境中发生的。他们用**合法的边缘参与**这个概念来描述学徒参与社区实践的方式。他们描述了四个学徒制的案例，并且重点阐述了学徒们从参与开始成为共同体成员到成为共同体核心成员的过程中，建构个人身份的过程。他们也阐明了学徒制对学习来说也许效率不高，就像他们研究的切肉机的案例那样，学徒们在单独的房间工作，并且与工作共同体是分开的。高效率的学徒制需要创造机会让学徒们合法地参与共同体的实践。

人们在社区中角色的重要程度及被其他成员的敬重程度决定了他们的身份（Lave & Wenger，1991）。重要的角色是指那些能直接对集体活动和社区知识作出贡献的人。成为实践共同体中更重要的参与者的动机可以为学习提供强有力的动力。弗兰克·史密斯（Flank Smith，1988）认为，如果孩子敬佩的人在阅读和写作的话，那么他们也会学习阅读和写作，也就是说，他们愿意加入“文学俱乐部”并努力学习成为其中的一员。要成为他们想要成为的这一类人，学会阅读是其中一部分，身份是深层学习的核心。

温格（Wenger，1998）认为，人们参加了各种各样的实践共同体——家庭、工作、学校和业余爱好。他认为实践共同体是不同的人聚在一起从事不同的活动，如车库工人、无线电工作者、戒酒者和科学研究者。“对于个体，学习意味着参与到共同体的实践中并对其作出贡献。对于共同体，学习意味着改进实践的效果并培养新一代成员。对于组织，学习意味着与不同的实践共同体建立联系，这样组织能知道自己知道什么，从而使该组织变得更有效、更有价值。”（pp. 7 - 8）。

学习者共同体

在莱夫和温格（Lave & Wenger，1991）实践共同体的概念基础上，近年来在教育中出现了“学习共同体”。学习共同体的目标是提高集体知识并以此带动个体知识的增长（Scardamalia & Bereiter，1994，本书）。学习共同体的关键特征是存在一种可以让每个人参与到为增进集体理解而努力的学习文化中（Brown & Campione，1996）。

学习共同体必须具备四个特征（Bielaczyc & Collins，1999）：（1）成员有各种不同的专家知识，乐于贡献，同时共同体支持他们的发展；（2）旨在持续提高集体知识和技能的共同目标；（3）重视学习方法的学习；（4）共享所学知识的机制。成员没有必要都吸收共同体所知道的所有知识，但每个人都应该知道共同体中哪些成员掌握相关的专家知识以便咨询。这与学校教育的传统观点大相径庭，在学校中强调个体知识和绩效，并期望学生可以在同样的时间获得同样的知识。

55

布朗和坎皮恩（Brown & Campione，1996）为一至八年级的学生开发了一个培养学习者共同体的模型（Fostering a Community of Learners，FCL）。FCL 鼓励多样化的兴趣和才能，以便从整体上丰富这个课堂共同体的知识。FCL 课堂应用的学科是生物学和生态学，主要关注诸如濒危物种、食物链和食物网之类的主题。学生的总体组织结构包括：（1）以小组形式开展关于中心主题的研究，每个学生专攻一个特定的二级主题领域；（2）在研究小组和其他小组中分享他们所学到的知识；（3）准备并参与一些“重要的任务”，这些任务要求学生结合他们个体的学习，以便小组的所有成员能对中心主题和次级主题达到更深的理解。教师配合学生的工作，当他们需要帮助时提供支持。

FCL 模式中通常每年设三个研究周期。每个周期开始时提供一系列的共享材料以构造一个共同的知识基础。然后把学生分成几个研究小组，分别关注与中心主题相关的某个特定研究主题。例如，如果研究食物链，则该课堂可能分成 5 个或 6 个研究小组，每个小组集中研究食物链的一个特定方面，如光合作用、消费者、能量交换等。学生以小组和个人的形式来研究他们的次级主题。个人研究指在小组次级主题的范围内开展各自的研究议程。学生也参加常规的“汇报”部

分，每个小组向其他小组解释各自的工作，互相提问并回答，由此提炼各自的理解。研究活动包括交互教学法（Palincsar & Brown，1984）、引导式写作和作文、课外咨询学科专家以及跨年级辅导。在周期的最后部分，每个次级主题小组的学生聚在一起形成一个“拼图”小组（a“jigsaw” group）（Aronson，1978），以便分享不同子主题的学习并协同完成后续任务。在“拼图”小组中，问题的各个片段汇集在一起形成一个完整的理解。研究周期最后，学生们在小组之间共享知识，借此机会展示成果并进行反思（Brown & Campione，1996，p. 303）。

学习共同体方法的一个关键思想是提升共同体的集体知识，并且以这样的方法促进个体学生学习。这与绝大部分学校采用的方法完全相反，学校的学习被视作是个人的追求，目标是将教科书和教师的知识传输给学生。学校文化经常阻碍了知识的分享——限制学生之间进行交谈、合作解决问题或完成项目、分享或讨论各自的观点。测试和评级也同样是基于个体的，测试时，学生不许利用其他资源，如其他学生、书本或计算机。整个方法的目标就是要确保个体学生掌握课程要求的所有知识。因此，学习共同体方法与学校教育中的学习和知识的理论是根本不同的。

脚手架

基于计算机的交互学习环境可以为不同群体的学习者提供支持，以便他们可以处理复杂、困难的任务。脚手架是学习者进行不同活动时的支持系统（Wood，Bruner，& Ross，1976）。它可以在结构化的或是高度棘手的任务形式中存在，当学生不知道做什么或感到困惑时帮助系统会提供建议，引导他们怎么做，或是在需要时提供提示，等等。脚手架起作用的一种形式是它可以做许多低水平的杂事，例如算术演算，而学习者则关注于任务决策之类的高水平任务上。脚手架的另一种支持形式是提供完成复杂任务所需的整体结构，然后引导个体学生完成任务的各个组成部分，并向他们展示各个组成部分如何整合为完整任务。脚手架帮助学生执行那些超出他们能力的任务。昆塔纳等人（Quintana et al.，2004）为设计脚手架提出了20个特定的策略，以支持基于计算机的学习环境中的意义建构、探究、表达以及反思。在绝大多数情境中，当学习者能够独立完成任务时，脚手架会自然淡出。

56

赖泽（Reiser，2004）在一项对基于计算机的学习环境的分析中指出，关于脚手架的大部分工作是集中于为学生**构造**任务，以便使学习者更容易完成任务。但他强调脚手架的另一个重要作用——**诊断**（problematizing）学生表现的不足，或者直接就学生执行任务时使用的关键内容和策略提出质疑，因此，学生能更多地反思他们的学习。虽然这可能使任务更加困难，但是它可以促进学习。

布鲁纳在维果茨基（Vygotsky，1978）的**最近发展区**（zone of proximal devel-

opment）的概念上建立了脚手架的概念，描述了成人如何支持学习者完成他们自己不能独立完成的任务。因此，脚手架研究的焦点是支持个体的学习（参见 Davis & Miyake，2004）。但科洛德纳等（Kolodner et al.，2003）指出脚手架对小组同样重要。因此，例如在教科学时，他们首先关注协作活动，让学生协作解决一些简单问题，他们称之为“准备单元”（launcher units）。参与这些活动并进行自我反思能帮助学生更有效地开展协作，并理解协作的价值。

在学校，需要额外帮助的学生经常意味着是差生，因此，学生们很不愿意请求帮助。当通过计算机提供脚手架时，不会有批评，其他学生也不知道他需要帮助。计算机提供的脚手架不需要请求就可以提供个别化的教学支持。

表达

从特定的情境中提炼知识，将想法和知识表达出来是很重要的，这样它们才可以迁移到其他情境中。这里有几个成功的案例，说明小组讨论在课堂中如何有效。例如，兰珀特（Lampert，Rittenhouse，& Crumbaugh，1996）展示了五年级的学生如何形成探究重要数学概念的共同体。她让学生彼此讨论自己推理的结果，并进行解释。这种技术甚至在幼儿教育（Cobb & Bauersfeld，1995）中也取得了成功，并可能成为日本数学教育成功的基石之一（Stigler & Hiebert，1999）。

培养科学表达的一个著名的方法是日本开发的 Itakura 方法（Hatano & Inagaki，1991）。首先，学生在一个简单的实验中预测将要发生什么事，他们可能有不同的预测。例如，一个实验要求学生预测将土块丢入水中会发生什么现象。学生作了最初的预测后，他们进行了讨论，彼此辩论为什么自己的预测是正确的。在修正了预测后，进行实验，接着讨论为什么实验会有这样的结果。

桑多瓦尔和赖泽（Sandoval & Reiser，2004）开发了一个叫作生物引导式探究学习环境（Biology Guided Inquiry Learning Environment，BGuILE）的计算机系统，该系统支持学生在人口遗传学的情境中作出科学的论证。系统向学生呈现了干旱时期在加拉帕戈斯（Galapagos）岛上许多鸟雀死亡的秘密（Edelson & Reiser，见本书）。为了揭开这个秘密，学生必须分析大量科学家收集的数据并得出结论，说明为什么一些鸟雀死亡了而其他的还幸存的充分理由。在他们确定了导致鸟雀死亡的原因后，系统中的解释构造工具（Explanation Constructor tool）提示学生提出基于遗传学的合理论据。因此，系统为学生表达他们的观点提供了脚手架，这一方式下他们的表述比通常的要清楚明确得多。

57

由斯卡达玛莉亚和巴雷特（Scardamalia & Bereiter，本书；1994）开发的知识论坛是一个学生通过计算机网络用写作表达他们想法的环境。这一模式采用的方法是让学生在几周或几个月时间内调查不同学科领域中的问题。学生们在一个在线知识库中录入其观点和研究发现。软件通过诸如理论建构脚手架（例如

“我的理论”，“我需要理解”）或辩论脚手架（如“××的证据”）之类的功能帮助学生构建他们的记录。学生可以通过知识库阅读，添加文本、图表、问题，链接其他记录，并且评论彼此的工作。当评论其他学生的工作时，系统会自动通知他们。共同体的核心活动是对公共知识库作出贡献。贡献可以采用以下形式：（a）**个人笔记**（individual notes），学生可以陈述问题，提出初始理论，概括需要理解的问题以探究问题或是完善自己的理论，上传一幅图像或图表等；（b）**视图**（view），在这里，师生可以创建图表对相关的笔记加以组织；（c）**链接**（build-ons），允许学生将新记录链接到已有的记录上；（d）**概括式笔记**（“Rise Above It” notes），用于将知识库中的笔记加以整合。这些贡献方式中的任何一种都通过协作完成。目标是使学生参与累积的知识建构，通过问题识别、讨论以及共同体对话不断发展他们的理解。其重点是促进集体理解的过程，而不是个体学习和绩效。

反思

反思可以鼓励学习者回顾他们在情境中的表现并与其他表现比较，例如与他们之前的表现或是专家的表现相比较。反思无论对儿童还是对成人的学习都非常重要，并因此颇受关注。舍恩（Schon，1983）描述了关于实践的系统反思对许多参与复杂活动的专业人员是何等重要。学习环境设计者经常在任务中为反思提供支持，如让学生参加讨论，对引导自己行为的策略进行反思等。反思可以突出行为表现中的关键因素，并鼓励学习者思考优秀绩效产生的原因以及他们可以如何提高。

反思可以采取三种形式，它们都是通过技术来提高的：（1）反思过程；（2）与其他人比较行为表现；（3）与一套绩效评测标准来比较自己的行为表现。

- **反思过程**：因为技术使得记录行为表现成为可能，所以人们可以回顾他们是如何执行任务的。反思的一个有用形式是“抽象重播”，即重放重要决策的制定过程。复杂问题解决能力的教学系统允许学习者将他们在复杂问题解决的过程中作出的决策与专家的解决方法相比较，这样他们可以知道如何可以做得更好。

58

- **与其他人比较行为表现**：人们学习的最有效的方法之一就是通过比较不同的行为表现（包括他们自己的），来确定是什么因素导致了成功，这叫作“知觉学习”（perceptual learning）（Bransford et al.，1989）。技术使得记录不同的行为表现变得可能，这样学习者可以随后分析这些行为表现。
- **与一套绩效评测标准来比较自己的行为表现**：提高行为表现最有效的方法之一是用绩效评测标准来评估你做得如何。例如，怀特和弗雷德里克森（White & Frederiksen，1998）指出，用一套由 8 个指标构成的评测标准对项

目中的学生行为进行评价，发现其行为表现相比那些执行相同任务却无反思的学生提高得更多。事实上这种反思帮助差生比帮助优生更有效。

本质上说，人们提高处事能力的方式是：在做事之前预先思考要做什么；尽力执行规划的任务；事后反思自己做得如何。如果他们能明确表述评估自己所做事情的标准，那么这将有助于他们规划下个周期要做的事。计算机的广泛应用和其他的记录技术使得行为表现的产生和反思更加容易。例如，学生现在可以制作自己的新闻广播、音乐会或是戏剧，通过录音磁带、录像带或是有线电视传送给学校或父母。而且，他们可以重放、反思并编辑，直至满意为止。使用记录行为表现技术的一个最好例子是“艺术推动”（Arts Propel）项目（Gardner，1991）中的循环操作模式，即在任务执行后，根据一套绩效标准进行反思，然后再重新执行。但是绝大多数教育实践还没有承认这种学习循环方法的强大力量。

结论

像上述所举的这些例子，在过去的 15 年内已经有了进一步广泛的研究，这些研究在学习环境设计中已经融入了认知学徒制的相关原则。随着基于计算机的学习环境更为普遍，很有可能会持续发展出新的方法将认知学徒制原则融入到这些环境的设计中。

参考文献

Aronson, E. (1978). *The jigsaw classroom*. Beverly Hills, CA: Sage.

Bielaczyc, K., & Collins, A. (1999) Learning communities in classrooms: A reconceptualization of educational practice. In C. M. Reigeluth (Ed.): *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (pp. 269 - 292). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bransford, J. D., Franks, J. J., Vye, N. J., & Sherwood, R. D. (1989). New approaches to instruction: Because wisdom can't be told. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 470 - 497). New York: Cambridge University Press.

Brown, A., & Campione, J. (1996). Psychological theory and the design of innovative learning environments: On procedures, principles, and systems. In L. Schauble & R. Glaser (Eds.) *Innovations in learning: New environments for education* (pp. 289 - 325). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32 - 42.

Burton, R., Brown, J. S., & Fischer, G. (1984). Skiing as a model of instruction. In B. Rogoff and J. Lave (Eds.), *Everyday cognition: Its developmental and social context* (pp. 139 - 150). Cambridge, MA: Harvard University Press.

Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). SelfExplanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145 - 182.

Cobb, P., & Bauersfeld, H. (Eds.) (1995). *The emergence of mathematical meaning: Interaction in classroom cultures*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

59

Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1997). *The Jasper Project: Lessons in curriculum, instruction, assessment, and professional development*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Collins, A., & Brown, J. S. (1988). The computer as a tool for learning through reflection. In H. Mandl and A. Lesgold (Eds.), *Learning issues for intelligent tutoring systems* (pp. 1 - 18). New York: Springer.

Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the craft of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 453 - 494). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Collins, A., Hawkins, J., & Carver, S. M. (1991). A cognitive apprenticeship for disadvantaged students. In B. Means, C. Chelemer & M. S. Knapp (Eds.) *Teaching advanced skills to at-risk students.* (pp. 216 - 243). San Francisco: JosseyBass.

Collins, A., & Smith, E. E. (1982). Teaching the process of reading comprehension. In D. K. Detterman & R. J. Sternberg (Eds.), *How much and how can intelligence be increased?* (pp. 173 - 185). Norwood, NJ: Ablex.

Collins, A., & Stevens, A. L. (1983). A cognitive theory of interactive teaching. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview* (pp. 247 - 278). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Cuban, L. (1984). *How teachers taught.* New York: Longman.

Davis, E. A., & Miyake, N. (Eds.) (2004). Special issue: Scaffolding. *Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 265 - 451.

Gardner, H. (1991) Assessment in context: The alternative to standardized testing. In B. Gifford & C. O'Connor (Eds.), *Future assessments: Changing views of aptitude, achievement, and instruction* (pp. 77 - 120). Boston: Kluwer.

Hatano, G., & Inagaki, K. (1991) Sharing cognition through collective comprehension activity. In: L. Resnick, J. Levin, & S. D. Teasley (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition* (pp. 331 - 348). Washington, DC: American Psychological Association.

Kolodner, J. L., Crismond, D., Fasse, B. B., Gray, J. T., Holbrook, J., Ryan, M., & Puntambekar, S. (2003). Problem-based learning meets casebased reasoning in the middle-school science classroom: Putting a Learning-by-Design curriculum into practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12 (4), 495 - 548.

Lampert, M., Rittenhouse, P., & Crumbaugh, C. (1996). Agreeing to disagree: Developing sociable mathematical discourse. In D. Olson & N. Torrance (Eds.), *Handbook of education and*

human development (pp. 731 - 764). Oxford: Blackwell's Press.

Lave, J. (1988). The culture of acquisition and the practice of understanding (Report No. IRL880007). Palo Alto, CA: Institute for Research on Learning.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation.* New York: Cambridge University Press.

Lepper, M. R., & Greene, D. (1979). *The hidden costs of reward.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Norman, D. A. (1973). Memory, knowledge, and the answering of questions. In R. L. Solso (Ed.), *Contemporary issues in cognitive psychology: The Loyola symposium* (pp. 135 - 165). Washington, DC: Winston.

Nowakowski, A., Campbell, R., Monson, D. Montgomery, J., Moffett, C., Acovelli, M., Schank, R., & Collins, A. (1994). Goal-based scenarios: A new approach to professional education. *Educational Technology*, 34 (9), 3 - 32.

Palincsar, A. S., & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1 (2), 117 - 175.

Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G., Kyza, E., Edelson, D., & Soloway, E. (2004). A scaffolding design framework fo software to support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 337 - 386.

Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 273 - 304.

Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88, 345 - 372.

Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1994). Computer support for knowledge-building communities. *Journal of the Learning Sciences*, 3 (3), 265 - 283.

Scardamalia, M., Bereiter, C., & Steinbach, R. (1984). Teachability of reflective processes in written composition. *Cognitive Science*, 8, 173 - 190.

Schank, R. C., Fano, A., Bell, B., & Jona, M. (1994) The design of goal-based scenarios. *Journal of the Learning Sciences*, 3 (4), 305 - 346.

Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving.* Orlando, FL: Academic Press.

Schon, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action.* New York: Basic Books.

Smith, F. (1988). *Joining the literacy club.* Portsmouth, NH: Heinemann.

Stigler, J., & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap: Best ideas from the world's teachers for improving education in the classroom.* New York: Free Press.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher mental processes.* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.) Cambridge, MA: Harvard University Press.

Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity.* New York: Cambridge University Press.

60

White, B. Y. (1984). Designing computer games to help physics students understand Newton's laws of motion. *Cognition and Instruction*, 1 (1), 69 - 108.

White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16 (1), 3 - 118.

Wood, D., Bruner, J., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89 - 100.

第5章

认知导师

——技术将学习科学带进课堂

肯尼思·R. 柯丁格，艾伯特·科比特

引言

个别辅导可能是最早的教学方法。这种方法至少可以追溯到苏格拉底所使用的对话法。尽管由导师进行的一对一辅导已经被证实比传统的一对多的课堂教学有效得多（Bloom，1984），但是为每个孩子提供个别辅导并不经济。授课和书本成为教育中传授知识的更为廉价的普遍方式。然而，计算机硬件和软件性能的提高为更多学生提供了新的一对一辅导机会。另外，计算机技术提供了一种机遇：将学习科学中的精华部分系统地融入到课堂中，从而测试学习的相关原则，并使之更好地满足学生和教师的需求。

早期计算机应用于教学的尝试包括计算机辅助教学（Eberts，1997）、智能计算机辅助教学（Intelligent Computer-Aided Instruction）或者智能导师系统（Intelligent Tutoring Systems）（Corbett，Koedinger，& Anderson，1997；Sleeman & Brown，1982；Wenger，1987）。这些都已经证实：在提高学生学习方面，基于计算机的教学比普通课堂教学更为有效（例如 Kulik & Kulik，1991），但没有达到人工辅导的水平（Bloom，1984）。在智能辅导系统方面的早期尝试包括：教授电路故障分析时采用模拟苏格拉底对话法，学习南美地理时将智能提问添加到已有的计算机教学系统，为已有的“专家系统”添加医疗诊断辅导策略，以及为已有的数学教育游戏添加辅导策略（Sleeman & Brown，1982）。

追溯到更早，与此并行发展的是，关于人类学习、记忆和问题解决的认知理论已经可以用计算机的计算模型执行（Newell & Simon，1972）。在20世纪80年代中期，约翰·R. 安德森（John R. Anderson）和同事将这两个分支合并，并且介绍了一种在智能导师系统发展和测试方面跨越更多学科的方法（Anderson，Boyle，& Reiser，1985），这种方法将认知心理学的原则融入到人工智能中，已

被证实极有推动力。使用此方法设计的智能导师是围绕学生当前所学知识的**认知**
62 **模型**而建构的，因此被称为“**认知导师**”（Anderson 等，1995）。这些认知模型表征了学习者在其感兴趣的领域（如代数、程序设计、科学推理或者论文写作）中的思维或**认知**。该认知模型也包括了对早期学习者的各种策略和迷思概念的表征，这些迷思概念是从新手到专家转变过程轨迹中的一个阶段。

在中学数学（Koedinger, Anderson, Hadley, & Mark, 1997; Koedinger, 2002）、计算机编程（Anderson et al., 1995; Mathan & Koedinger, 2003）以及大学遗传学（Corbett et al., 2005）等很多学科领域中，已经设计了全面的认知导师系统来帮助学生学习。认知导师可以显著地加快学习，并产生更多与传统的基于问题的教学相关的知识（Anderson et al., 1995），实现优秀的人工辅导（Corbett, 2001）。分布最广泛的认知导师，其中一方面是针对代数的，这是高中代数完整课程中的一部分，并且在 2004—2005 年美国大约有 2 000 所学校使用这种认知导师系统。本章的后面部分将指出：课程结束时，相比传统的代数课程注册的学生，代数认知导师Ⅰ（Cognitive Tutor Algebra Ⅰ）中的学生在开放式问题解决测试中能获得两倍高的分数，客观测试分数则高出 15%。这些学校中有几所是绩效较高、资源丰富的市郊学校，但是绝大部分是市区或乡村学校：经济不富裕，教师水平一般，且学生数量相对较大，有些学生是少数族裔或有学习障碍。我们估计大约有近 50 万学生已经使用该导师系统，总时间达到将近 2 000 万个学时。

认知导师提供人工辅导的某些工作

认知导师倡导做中学，这也是人工辅导的一个本质特征。做中学是基于将学生置入行为情境的观点（由此学生可以运用客观的概念和技能），并在学生需要的情境下提供教学①。认知导师可以完成两个具有人工辅导特征的主要任务：（1）监控学生的**行为表现**，并且当个体学生需要时提供特定情境的指导；（2）监控学生的**学习**，并且选择问题解决的活动，这些活动涉及学生个体能力范围内的知识目标。

这种对学生的行为和学习的监控利用了认知模型两个关键算法：**模型跟踪**（model tracing）和**知识跟踪**（knowledge tracing）。在模型跟踪中，认知导师操控认知模型与学生一起逐步前进，通过复杂的问题空间来跟踪学生的个体路径，提供及时准确的反馈和特定情境的建议。在知识跟踪中，导师使用一种简单的贝叶斯法（Bayesian method）来评估学生的知识，并且还使用这种学生模型来选择适当的问题。

本章概要

在接下来的部分，我们将描述认知导师和它们在理性思维适应性控制理论（ACT-R theory）中的基础。拓展的认知导师研究证实并修改了 ACT-R 认知结构模型（ACT-R cognitive architecture model）（参照 Anderson & Lebiere，1998），我们将评论该理论框架中智能导师设计的六个一般性原则（Anderson et al.，1995）。尽管 ACT-R 理论提供了一种重要的认知模型框架，但它并没有规定课程目标和活动，不能准确地预测学生进入课程学习或问题解决活动时已有的先前知识，并且也不能提供脚手架活动来帮助学生对领域知识发展深层次的理解。在本章的最后部分，我们将描述学习科学的原则和方法，以及利用这些原则和方法来解决教学设计中的问题。

63

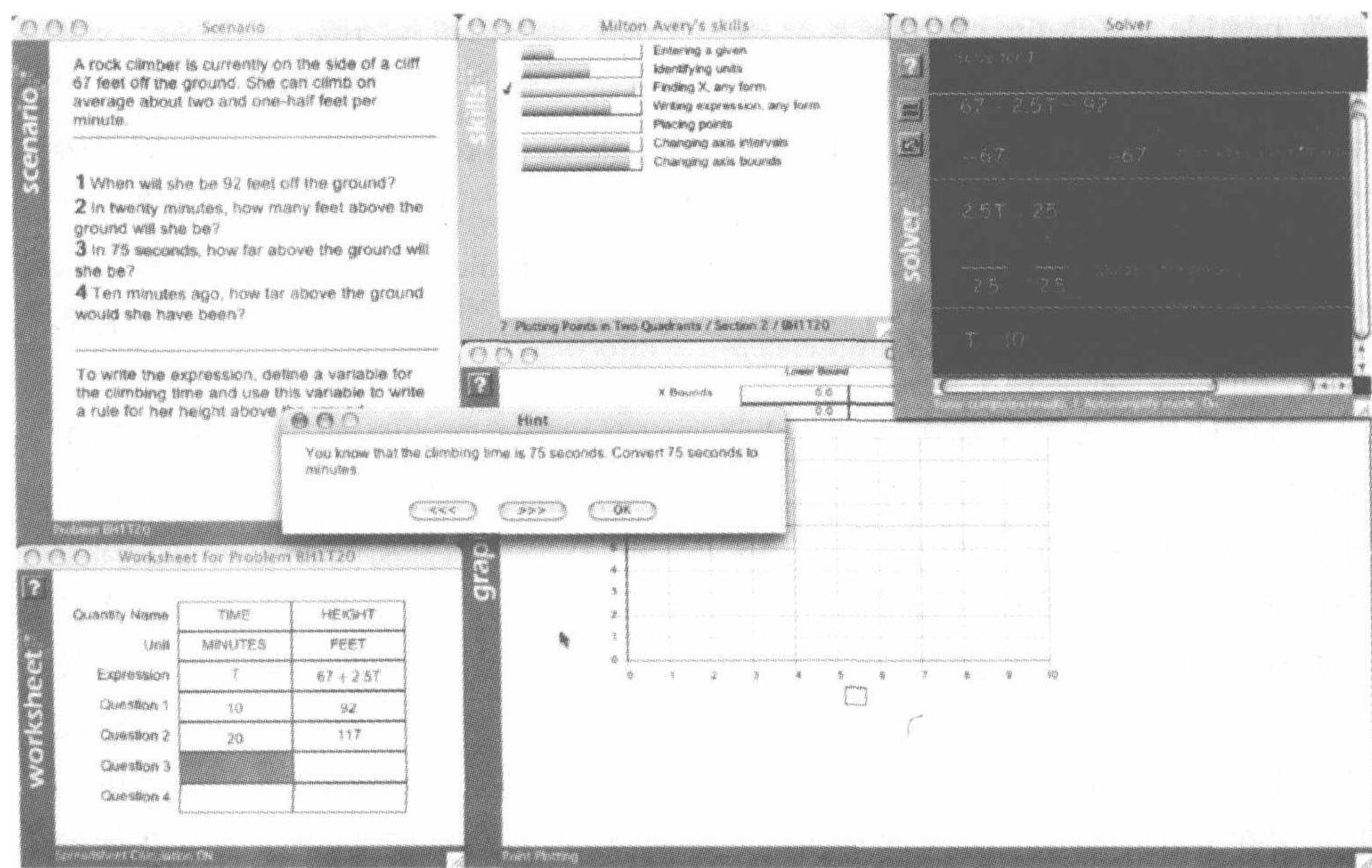


图 5.1　代数认知导师中的一个问题解决活动的截图。给学生们呈现一种问题情境，他们使用各种各样的工具，如这里展示的工作表（Worksheet）、记录仪（Grapher）和解算机（Solver），来分析和模拟问题情境。当它们工作的时候，"模型跟踪"提供及时的反馈或通过信息窗口提供解答方法所需的微妙提示。"知识跟踪"的结果展示在顶部中间的技能图表中。

代数认知导师：一个简短的例子

图 5.1 是展示代数认知导师的一个单元的屏幕截图。认知导师系统一般有着相对丰富的图形用户界面，可以为学生提供一个工作空间来展示其多种问题解决行为。这个工作空间随着学生通过单元学习的进步而改变。图 5.1 中的工作空间包括了左上部分的一个问题情境对话框，这里可以给学生显示一个问题情境，通常是一些真实的事实或数据，期望他们利用工作空间中的工具进行分析和模拟。图 5.1 中显示的工具包括工作表、记录仪和解算机。在本单元中，工作表像电子表格一样有着自动的特性。一旦学生在限定时间内写下高度为“67 + 2.5T”的代数表达式，那么工作表就会在获得输入的时间值（例如 20）后，计算出高度值（例如 117）。在早期的单元中，工作表没有这些自动的特性，更像是课桌上的草稿纸，学生必须阐明并自己完成这些步骤。类似地，记录仪和解算机也随着学生的进步而改变，学生是通过辅导单元获得进步的。开始，这些行为像学生做所有工作时的一些空白纸。然后，这些工具开始自动降低技能水平，如描点绘图或算术，并且使学生注重于获得高层次的概念和技能，如决定使用哪种符号函数画图或者进行什么样的代数操作。当学生工作时，认知导师监控他们的行为，并且可能提供及时的反馈或在提示框中提供与问题相关的提示。认知导师也监控学生的学习，并且在技能图表中展示这些结果，如图 5.1 中上部中间的部分。

64

对任何技术或教育革新的社会情境加以考虑是非常关键的，在认知导师中也不例外。我们倾向于创造完整的认知导师课程，除认知导师软件外，我们还会应用学习科学理论来开发教学材料，如课本等消耗品。几乎所有使用数学认知导师系统的学校也使用课程和教材资料。典型的程序就是每周花两天在计算机实验室中使用认知导师软件，同时每周花三天在普通教室中使用这些教材资料。在教室里，学习是积极的、以学生为中心的，并且注重于做中学。相对全班性的讲授而言，教师将更多的时间用来促进个体的、合作的问题解决和学习。在教室中，学生经常在合作小组中一起解决问题，这些问题与导师提出的问题类似。在帮助学生将计算机工具与纸、笔联系起来的过程中教师起着关键的作用。

认知导师背后的学习科学理论

认知导师是以学习和绩效的 ACT-R 理论为基础的（Anderson & Lebiere, 1998）。该理论区分了内隐的绩效知识（implicit performance knowledge）（即“程序性知识”）与外显的言语知识和视觉图像（explicit verbal knowledge and visual images）（即陈述性知识）。根据 ACT-R 理论，绩效知识只能通过**做**来学，而不

是通过听或看。换句话说，它是从建构性的经验中归纳的——它不能直接置于我们的大脑中。这种绩效知识是以“如果—那么”（if-then）的产生式规则（production rules）符号来表征的，这些产生式规则将内部目标或外部知觉线索与新的内部目标或外部行为联系起来。表 5.1 显示了产生式规则英文版本的例子。

表 5.1 产生式规则举例

英语中的产生式规则	应用中的举例
1. 正确的推导可能是隐性获得的。 **如果**目标是求数值 Q 的值，并且 Q 除以数 1 得到数 2，**那么**通过数 1 乘数 2 就可以得到 Q 值。	为了解决“你有一些钱，在 8 个人之间平分，每个人得到 40 分”这个问题，通过 8 乘 40 可以知道原先有多少钱。
2. 正确的推导有着启发式的策略。 **如果**目标是证明两个三角形全等，这两个三角形共用一条边，**那么**可以根据其他的对应边相等或对应角相等来判断是否全等。	可通过检查任何对应角，如∠BCA 与∠BCD 是否相等，或任何对应边，如 AB 与 DB 是否相等，来证明三角形 ABC 与三角形 DBC 全等。
3. 一种非传统策略的正确推导。 **如果**目标是解决关于 x 的一个方程，**那么**可以将方程左边和右边用几何图形表示，然后通过发现交叉点（s）来解。	要解方程 $\sin x = x^2$，可通过绘制 $\sin x$ 和 x^2 的函数图并查找线条交叉的方式来解。
4. 正确但过于具体的推导。 **如果**一个表达式中出现“$ax + bx$”，并且 $c = a + b$，**那么**可以用“cx”代替它。	适用于“$2x + 3x$”，但不适用于“$x + 3x$”。
5. 不正确、过于概括化的推导。 **如果**一个表达式中出现“数 1 + 数 2”，**那么**用总和代替它。	产生运算顺序错误：“$x \times 3 + 4$”被写成“$x \times 7$”。

认知导师中的认知模型和模型跟踪

认知导师软件的开发涉及通过 ACT - R 理论和有关学习者的实证研究来创建“认知模型”。一个认知模型可利用产生式系统（producation system）来表征学生可能用到的多种策略以及典型的学生迷思概念。以解一个简单的代数方程为例，图 5.2 描绘了解方程“$3(2x+5)=9$”的三种解题策略。策略 1 中的产生式规则是将（$2x+5$）内的两数分别乘以“3”。策略 2 中的产生式规则是将等式两边同时除以“3”。第 3 个规则是一个“错误”（buggy）推算，这是一个迷思概念（参考 Matz，1982），因为没有将两个数（$2x+5$）分别乘以“3”。

通过为同一目标提供多种可选择的策略，认知导师使用“模型跟踪”算法

跟踪不同学生所选择的问题解决路径。模型跟踪允许认知导师跟踪每个学生的问题解决步骤，并提供个别化的、即时的且与问题特定解决办法相关的帮助。当学生进行其中一步时，系统会将其与认知模型产生的可选的后续步骤进行比较并反馈，反馈的类型有三种。例如，在图 5.2 中，第一，如果学生的问题解决行为与策略 1 或者策略 2 相匹配，那么导师会强调步骤的正确性，并且学生和导师将进入下一个步骤。第二，如果学生的行为，比如“6x + 5 = 9”，是错误的（a buggy production），导师强调步骤的错误性并且给出反馈信息，比如“你也需要将 5 乘以 3”，这种信息是由错误规则（buggy rule）的模板生成的，产生式规则中变量 c 和 a 可以取当前情境中的特定值。第三，如果学生的问题解决行为与认知模型中任何规则的行为不相匹配，那么认知导师简单地将该行为标记为一个错误——例如，通过将文字内容改为红色，以及斜体。

66

任何时候学生都可以获取提示信息（例如，通过点击 5.1 中显示的“?”按钮）。导师进行该模型下一步时，选择与之相匹配的那个模型推导，并且呈现与该推导相关联的建议内容。例如，图 5.2 中与策略 1 相联系的提示将说明“将 3 分配到括号内”，因为推导变量 *a* 在该案例中的值是 3。

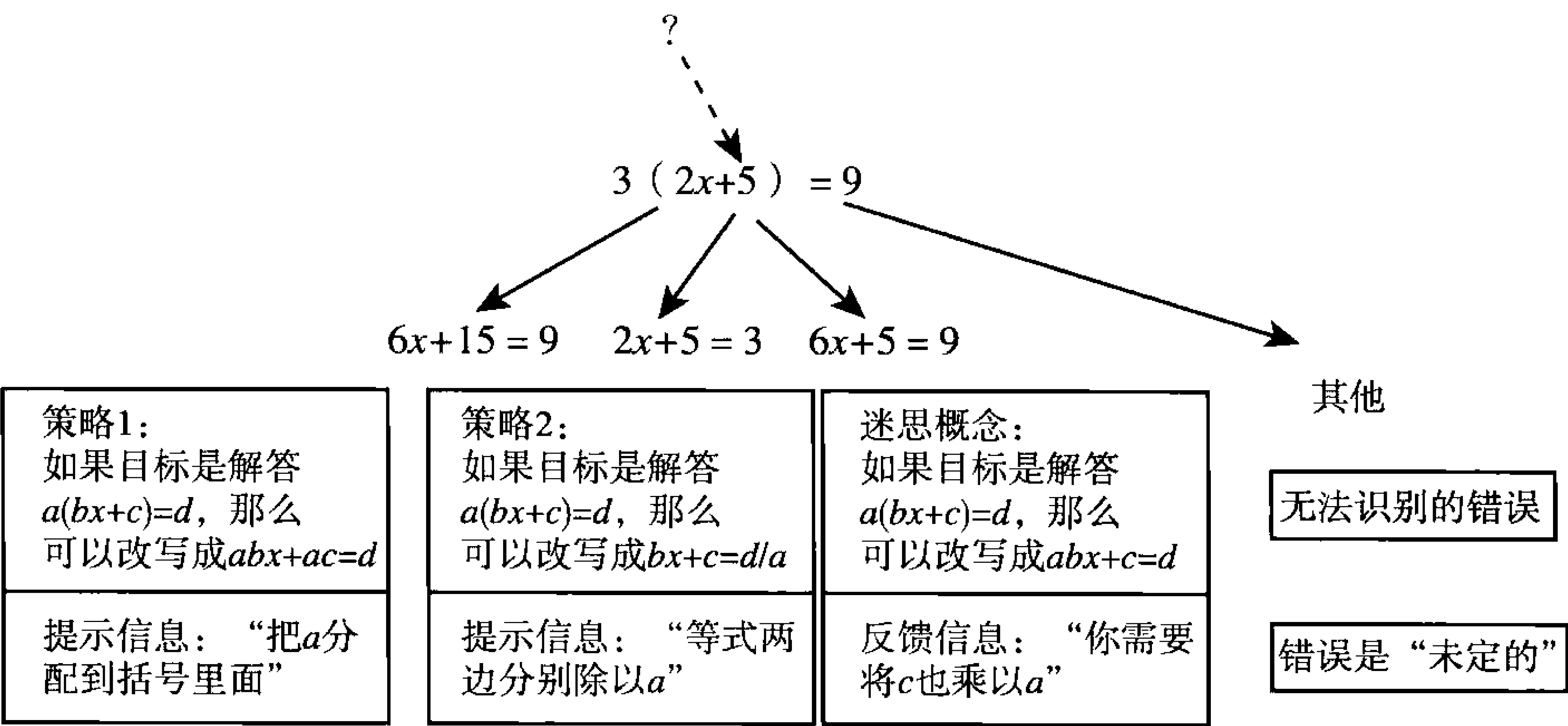


图 5.2 模型跟踪如何使用产生式规则来跟踪学生可能产生的不同行为呢？这里学生已经进入了“3(2x + 5 = 9)”的情境。顶部的“?”表明无论学生如何达到这个情境这些产生式规则都是有效的。本图表明了如何应用产生式规则来产生三个可能的后续步骤。附属于产生式规则的是常见错误的反馈信息或是后续步骤的提示信息，当学生遇到困难时，可以获取这些信息。

认知导师中的知识跟踪

ACT-R 理论认为，知识是逐渐获得的，并且大脑会潜在地对包括产生式规则在内的知识组块进行频数、近因（recency）和实用性的统计（Anderson &

Lebiere，1998）。认知导师中的知识跟踪算法监控着学生通过问题解决活动逐渐获得产生式规则的过程。在问题解决过程中，每次应用产生式规则，认知导师会基于学生是否正确使用规则，对学生了解规则的概率值进行更新。知识跟踪采用了一种贝叶斯更新方法（a Bayesian update），它已经被用于预测学生的成绩和后测的准确性（Corbett & Anderson，1995）。这些概率的估计在计算机导师界面与“技能栏”显示出来（见图 5.1 中上部中间位置）。认知导师使用这些估计值来决定学生什么时候准备进行课程中的下一部分，以调整教学的节奏，满足个体学生的需求，为个别学生单独挑选问题，提供更多技能方面的教学和实践，这些技巧是他们还没有掌握的（例如，那些对技能了解的估计值低于 95% 的学生）。

为什么产生式规则认知模型是强大有用的

产生式规则的一个关键特征是它们是**模块化的**，就是说，它们能呈现那些可以灵活重组的知识组块。如图 5.2 所示，学生如何得到“3(2x+5)=9”这样的结果并不重要。例如，可能是将一个问题情境转化为该方程，或是将一个更复杂的方程（例如，“3(2x+5)+10=19”）简化为这种形式。在任何案例中，产生式规则模型总是应用于问题当前的状态，而不管学生是如何获得该状态结果的。

67

这种模块化使认知导师发展得更为灵活，因为产生式规则可以用不同的方式重复使用和重组，并在课程单元甚至跨课程的无数习题中来跟踪学生（例如，解决认知模型的方程被用在几何认知导师中，如同用在代数中一样）。除促进其发展外，模块化也是 ACT-R 的一个关键的科学性说明，通过它可以产生出经验性的、可试验的预测。例如，只要学习活动中所需要的推导类型和数量同样适用于评价活动，那么学习活动中的知识就可以迁移到评价活动中（Singley & Anderson，1989）。

模型和知识跟踪体现了人工辅导的特征

模型和知识跟踪算法体现了人工辅导和学徒制训练的关键特征（参照 Bloom，1984；Collins，Brown，& Newman，1989；McArthur，Stasz，& Zmuidzinas，1990；Vygotsky，1978）。导师通常给学生一项任务，并监控学生完成该任务的好坏程度，模型跟踪是这种监控形式中的一种。当学生偏离预定目标太远时，导师会干预并给予反馈；在学生无法克服困难时，导师在其掌握的领域知识基础上提供提示或操作帮助。认知模型提供了认知导师系统预期绩效的领域知识或模型。在学生完成任务后，导师会通过诊断他们已知和未知的知识来选择下一项任务。长期来看，知识跟踪提供了一种判断学生们知道什么和不知道什么的

方法。

认知导师设计的原则和方法

认知导师设计的原则

我们在 1995 年发表了一篇报告，介绍了认知导师开发的经验（Anderson et al.，1995）。我们描述了认知导师设计的一些总体原则，这些原则与 ACT-R 一致，并介绍了到那时为止我们的研究和开发经验。接下来，我们回顾其中最常用的六个原则。表 5.2 列出了这六个原则，并根据我们自 1995 年撰写那篇文章以来的经验作了略微的改动。我们将简单地描述这些原则，并举例说明其中的两个原则。

表 5.2　认知导师的六个教学设计原则

1. 以产生式规则集的形式展现学生的能力
2. 在问题—解决的情境中提供指导
3. 在问题解决之前传达目标结构
4. 促进对问题解决知识的正确、总体的理解
5. 将学习外部的工作记忆负荷减弱到最低程度
6. 对与预期绩效模型相关的错误提供即时反馈

1. 以产生式规则集的形式展现学生的能力

“以产生式规则集（production set）的形式展现学生的能力”这一原则要求教学设计者在分析的基础上进行设计，且这种分析不是关注领域内容的分析，而是关注学生对内容进行思考的方式。获得某个领域内的能力是复杂的，令人吃惊的是，尽管我们似乎从未意识到大量的细节和敏锐的决策能力的作用，但这些都是我们在获得专家知识的过程中隐性获得的（Berry & Dienes，1993）。随着时间的推移，复杂的任务比如阅读，对我们来说变成了第二属性，并且我们忘记了——或许从未意识到——产生这种能力的经验和知识的变化。斯金纳估计，在学习四年级数学时，学生必须获得大约 25 000 个知识“块”（Skinner，1968，p. 17）。产生式规则提供了一种阐述这些知识块和决策能力的方式。

68

产生式规则集之中的产生式规则**模块**的假定是：我们可以诊断出学生的某些不足，并且关注提高这些弱点的教学活动。产生式规则的**具体情境**属性意味着，如果不能将知识与其使用的情境联系起来，教学将不会有效。学生需要真实的问

题解决经验来学习产生式规则的“如果”这一部分，以及适当使用这些领域原则的一些条件。

2. 在问题—解决的情境中提供指导

ACT-R 理论的一个基本设想是人们通过做来学习，因为大脑中概念的形成是来自人类经验的显性和隐性的解释或“编码”。决定学生获得什么知识的关键不在于提供给他们的信息或教学活动，而在于他们在这些信息和活动中是如何体验和参与的。因此，安德森等人（Anderson et al.，1995）的另一个原则是“在问题—解决的情境中提供指导”。这个原则与学习科学中所认为的教学应该在**基于真实的**任务情境中进行的观点是一致的。

3. 在问题解决之前传达目标结构

如何将一个初始问题的目标分解为连续的子目标，并且跟踪这些子目标，是新手在复杂的问题解决过程中面临的挑战之一（Singley，1990）。在传统的问题解决表征中，问题解决方法潜在的目标结构通常是隐性的。我们使用了两种方法来使这个目标结构显性化。首先，我们在问题解决界面中开发了使目标结构可视化的界面（Collins et al.，1989）。这个策略最显著的例子是几何论证导师（Koedinger & Anderson，1993）。多种研究表明，问题解决界面中显性的目标结构脚手架甚至在简单的问题中也可以加速问题的解决（Corbett & Trask，2000），在更复杂的问题解决过程中效果则更加明显（Scheines & Sieg，1994；Singley，1990）。第二，可以通过帮助信息来传达问题的潜在目标结构。在模型跟踪导师中典型的是，第一个层次的帮助是在整体问题的情境下描述当前目标。随后的帮助信息将就如何达到目标给出建议。

4. 促进对问题解决知识的正确、总体的理解

69

在学习问题解决的过程中，学生们在对问题解决活动及实例进行理解或编码的基础上建构产生式规则。这些编码通常与专家的不同，研究显示，新手通常根据问题的表面特征，而不是根据适当的物理原则进行编码（Chi，Feltovich，& Glaser，1981）。在几何的问题解决中，学生们经常得出结论：这几个角是相等的，因为它们看起来相等并且测量结果也的确相等，但是他们却总结不出“根据几何结构，它们必须相等”这个结论（Aleven & Koedinger，2002）。如前所述，学生可能会过度地使用这些一般性的产生式规则：在与获取此规则的情境不同的情况下使用时，他们会产生错误；而且，他们还可能会过度地使用具体的规则：在问题解决的不同情境中迁移时，这些规则是不适用的。我们已经成功地使用了不同的策略来帮助学生产生一种更深的理解，其中一种将在后面阐述。

5. 将学习外部的工作记忆负荷减弱到最低程度

已有文献证明复杂问题解决中所存在的错误可能来源于工作记忆区信息的丢失（Anderson & Jeffries，1988），并且证明高度的工作记忆负荷或者“认知负荷”可能会妨碍学习（Sweller，1988）。因此，我们在认知导师中使用多种策略和方法来减少这种负荷。努力使目标结构可视化（原则3）可以帮助减少工作记忆负荷。另一种策略是简化当前界面中与当前学习目标不相关的问题解决行为。例如，在我们的数学导师中，方程解题机有一个自动算术模式，在该模式下学生只需指出每一步运算指令，而不需要他们进行算术运算（Ritter & Anderson，1995）。

与此类似，我们的程序设计认知导师使用结构编辑器以减少记忆表层语法结构的工作记忆负荷。利特曼（Littman，1991）报告说，人类导师行为与该策略很相似。人类导师不会仅仅为了指出相对微小的错误而打扰学生，也不会为此打断他们的工作记忆状态，这些微小的错误对于整体的问题解决几乎没有任何影响。

6. 对与预期绩效模型相关的错误提供即时反馈

研究表明，虽然反馈可能很少（Fox，1991；Lepper et al.，1990），并且只对“重要的”错误提出反馈（Littman，1991），但是，人类导师倾向于在每个问题解决步骤之后提供即时反馈（Merrill，Reiser，Ranney & Trafton，1992）。但是这些研究并没有揭示与即时反馈相关的好处。在一项有关 Lisp 认知导师（Lisp Cognitive Tutor）的研究中，即时反馈大幅加快了学习进程（Corbett & Anderson，2001）。即时反馈不仅可以使学习更有效率，而且有激发学生动机的作用（Schofield，1995）。在与一种理想绩效的“智能新手”模型的比较中，马坦和柯丁格（Mathan & Koedinger，2003）证实了与估计到学生的某些错误并由此提供延迟反馈的“智能新手”模型相比，提供即时反馈的方式效果更好。

认知导师元设计原则

ACT-R 以及认知导师原则的优点是，它们是普通的，因而可以应用到多种领域中。但这些原则也导致了一些更高层次的课程设计问题：学生们应该学习什么？什么样的问题解决活动能支持学习？学生自身已经拥有哪些相关的知识？我们要设计的认知导师活动，不仅应该“有效用”，还得与课程及包含课程目标、教师实践和课堂运用（classroom use）在内的社会情境良好地结合。这里，我们归纳了一组认知导师“元设计”原则的经验。

1. 从一开始就根据教学和课堂使用来设计

一个有经验的课堂教师在认知导师开发项目中起着很多关键的作用，他熟知学生学习中的具体困难并懂得如何帮助学生克服这些困难。在将认知导师活动与其他课程活动整合时，他同样起着重要的作用。首先，设计团队中有经验的教师会指导最初的导师系统的开发，以便系统与其他的课程活动相吻合。其次，将有经验的教师置于最佳位置，这样他就可以将技术带进课堂，并且在课堂活动和导师活动无法融合的情境下进行一些有远见的观察。

2. 设计丰富的课程经验

在 ANGLE 几何证明项目（ANGLE Geometry Proof Project）（Koedinger & Anderson，1993）中我们遇到了一个高难度的课程相容性问题。在项目的开始时期与首次课堂试验之间，学校行政部门采取了一种新的课程，这种课程不再重视几何证明问题，这样将认知导师整合到课程中就变得很困难。与其他教师相比，熟知认知导师课程目标的项目教师将其与新的课程整合时更为成功，获得的学习效果也更佳。在 ANGLE 项目的结果中，我们在所有数学认知导师课程包括课程教材和作业中开发了丰富的课程活动系列。这有两个相关的原因。首先，它使任课教师不必再煞费苦心去思考如何将认知导师活动整合到课程中。其次，它使我们开发了一种自始至终更加强调基于问题学习的课程。

70

3. 所有的设计阶段都应该是以经验为基础的

设计者应该收集学生数据以指导和测试原则的应用，包括：（1）指导最初开发的设计实验；（2）以一个恰当的小单元（at a fine grain-size）进行形成性评价，分析问题解决的成功和失败之处；（3）进行总结性评价，检测是否达到了课程层次的总体目标。从低成本、低可靠性到高成本、高可靠性，可以采用一连串的实证研究方法（例如 Koedinger，2002）。

设计研究实例

本章的一个重要内容就是我们不仅需要努力使理论和原则清晰化，而且也要关注相关的实证研究与分析方法，以便更恰当地应用这些原则。

下面的三个部分分别提供三类实证研究的实例。第一部分描述了如何使用设计研究来指导第五个原则（即减少工作记忆负荷）的应用；第二部分描述了如何使用设计研究来引导第四个原则（即促进整体的理解）的应用；第三部分描述了代数认知导师课程中的总结性评价。

设计研究引导减少工作记忆负荷

除了以上讨论的“将工作记忆负荷降低到最低”的策略外，我们还使用了在学生先前知识基础上设计教学的策略（参考 Bransford，Brown，& Cocking，1999）。当教学将学生们已经知道的内容联系起来时，他们就可以用较少的认知负荷来处理、理解新知识并将其整合到长时记忆中。

我们如何知道学生已有的先前知识呢？基于学生在小组块任务比那些较大的整体任务中更有可能获取先前知识的设想，我们对领域内容进行理论分析来预测先前知识（参考 van Merrienboer，1997）。然而，尽管较小的任务通常涉及较少的知识组块，但这并不是说它们对学生而言就一定更简单。学生易于达到的任务不是由任务的表面形式决定的，而是由学生在执行任务时用到的内部心智表征决定的。任务绩效决定了哪些任务是简单的，哪些任务是复杂的。仅仅分析内容领域不足以识别学生已有的先前知识以及哪些任务更有可能接近先前知识。相反，研究学生的任务绩效是非常重要的——将学生的思维看作是真实的，而不是一种假想的内容分析。

考虑以下三个问题：故事问题、文字问题和解方程。三者的数量结构与解决方法是相同的。

故事问题：作为一个侍者，特德（Ted）每个小时获得 6 美元。一天晚上他获得了 66 美元的小费，总共挣了 81.90 美元。特德工作了多少个小时？

文字问题：从某个数字开始，如果我将它乘以 6，然后加上 66，结果是 81.90。那么我开始计算的数字是多少？

解方程：$x \times 6 + 66 = 81.90$

71 对于高一学生来说，代数课程中哪些是最困难的呢？就此问题的变量，内森和柯丁格（Nathan & Koedinger，2000）调查了一些数学老师，并对结果进行了探讨。被调查者预测，对高中生而言，“故事问题”型是最难的，而“解方程”型最容易。支持该预测的典型理由包括“故事问题”要求更高的阅读能力以及将故事问题转化为方程的能力。

相反，柯丁格和内森（Koedinger & Nathan，2004）发现学生在“故事问题”和“文字问题”表现得更好（分别为 70% 和 61%），而解类似的方程时表现最差（42%）。显然，许多学生不是用解方程的方式来解决“故事问题”和“文字问题”的，而是采用了别的非正式策略，如“猜测—验证”和“倒推”（unwinding）——由结果倒推，用逆向操作来求解未知数。学生们在理解方程上有困难，甚至经常在使用解方程策略求解方程的过程中遇到困难。

该结果说明，如果我们要基于学生的先前知识开展教学，就应该充分利用如下实例，即在开始代数课前，通过言语或者情境激发学生的数量推理技能。与很

多先教解方程再教故事问题解决的教科书不同（Nathan, Long, & Alibali, 2002），在进入正式表征更为抽象的过程之前，首先利用故事问题情境和言语描述来帮助学生非正式地理解数量间联系，这样教学效果可能会更好。

该研究阐明了我们倡导"学生不像我"的原因。我们需要经验性的方法来看看过去的偏见，或者关于学生真正像什么的"专家盲点"（expert blind spots）。

表 5.3 进一步阐明了利用经验性方法决定何时及如何应用原则的重要性。但是如果那些问题应用情境不相似，那么借助先前知识以减少工作记忆负荷是行不通的。在开发数学 6 认知导师（Koedinger, 2002）的过程中，我们使用了难度因子评价方法（Difficulty Factors Assessment），以发现哪些类型的问题情境可以使问题更容易，而哪些类型却不能。表 5.3 显示了中学数学的不同内容，我们在这些内容域中将具体的、情境性的故事问题与抽象的、无关情境的问题测验情况进行了比较。

72

表 5.3　在四种内容域中对情境问题与抽象问题的比较

	小数位值	小数算术	分数相加	数据分析—全局（Data Interp-Global）
情境	展示你可以给本 4.07 美元的五种不同方式（提供 1 个位值表）	你有 8.72 美元，你的祖母在你的生日时给了你 25 美元。你现在有多少钱？	朱尔斯太太为她的每个孩子买了一支巧克力棒。加伦吃了这支巧克力棒的 1/4，艾丽西娅吃了这支巧克力棒的 1/5，他们总共吃了这支巧克力棒的多少？	［已知 2 个散点图（scatterplots）］几个月后，学生们卖掉的盒装块状糖或点心哪个多？
正确率	61%	65%	32%	62%
抽象	列出五种不同方式以显示 4.07（已知位值表）	相加：8.72 + 25	相加：1/4 + 1/5	已知左、右两个散点图，哪个图单位面积散点多？
正确率	20%	35%	22%	48%

表 5.3 显示了六年级学生在每个内容域的前测中的多个项目的平均正确率。在其中三个内容——小数位值、小数算术和分数相加中，学生在情境性问题上的绩效远远超过抽象问题。数据分析发现，情境提高了整体任务绩效，而没有提高局部任务绩效。在因素和倍数问题上，情境降低了任务绩效。

因此，在因素和倍数相关的概念和程序中，利用情境进一步巩固先前知识并非有效，除非情境比抽象问题更容易理解。尽管有人可能仍然想使用这种问题情

境作为学习的动机，但根据这些已知数据，这并不能让学生更容易、认知负担更少地理解领域内容。

反思促进整体的理解

一种经过透彻研究的、促进正确且整体编码的方法被称为“自我解释”：学生对问题解决的步骤向自身作出解释（例如 Chi，de Leeuw，Chiu，& Lavancher，1994）。艾利文和柯丁格（Aleven & Koedinger，2002）在几何认知导师中运用自我解释，并且进行实验以验证其效果。图 5.3 显示了使用“通过参照来解释”的方法。通过参考在线术语词典中的几何规则或原理，学生对问题解决步骤提供解释。学生可以输入规则的名称，或者从字典中选择它。这种形式的解释与先前绝大多数通过言语来进行自我解释的实验不同，其优点是这些解释可以被计算机理解。

先前的难度因子评价法表明，与阐述问题解决步骤相比，学生更善于执行问题解决步骤，比如学生能很容易地判断图 5.3 中的 $\angle ARN = 43.5°$，这比运用“交叉内角”定律来解释该步骤容易得多。其中一个原因是学生的先前知识包括过于概括化的产生式规则，如“如果两个角**看起来相等**，那么它们就相等”，这也可以得出这一步的正确答案，但是却不能提供关于这些步骤何时成立以及为何成立的理解。这种过于概括化的推导可能源于肤浅的编码和学习。根据艾利文和柯丁格对 ACT-R 的解释，自我解释能促进更概括性的编码，因为通过明确的反思，学生可对领域规则中的言语描述性表征思考得更加慎重、深入。这种慎重、从容的反思有助于识别领域规则的关键特征，从而在“编译”（学习的一种形式）关于实例和视觉输入的产生式规则时，提高隐性归纳的准确性。实际上，艾利文和柯丁格（Aleven & Koedinger，2002）发现，使用几何认知导师中自我解释的学生不仅能更好地提供准确的解释，而且还学到了领域规则，并且对此有着更好的理解——这样他们能更好地迁移到新的问题中，能更好地避免一些像前面阐述的“看起来相等”的肤浅推导。

总结性现场研究评价和课堂观察

我们最初在匹兹堡（Pittsburgh）和密尔沃基（Milwaukee）的城市学校中进行实验研究来评价代数认知导师系统。该实验研究反复进行了三个学年。在这些现场研究中用到的评价目标包括：（1）高阶概念成就，通过问题解决和表征使用的绩效评价来测量；（2）基本技能成就，通过标准化测试来测量，例如，使用数学 SAT。与采用传统代数课方式的同类和同级学校相比，我们发现使用代数认知导师系统的学生成绩在标准化测试项中比控制班高出 15%—25%，在问题

73

解决和表征使用方面高出 50%—100%（Corbett，Koedinger，& Hadley，2001；Koedinger et al.，1997；也见 http：//www. carnegielearning. com/results/reports）。更多最近在其他城市的研究重现了这些发现。例如，（美国俄克拉荷马州）摩尔独立学区（the Moore Independent School District）进行了一项教师内部的实验（Morgan & Ritter，2002）。4 所高中学校的 8 位教师使用代数 I 认知导师授课，其他教师使用的是传统的教材。在 ETS 期末代数测试中，选了认知导师课程的学生得分与控制组学生相比差异显著，其得分高出后者很多。认知导师组中的学生课程成绩更高，并且学习数学的态度更积极。

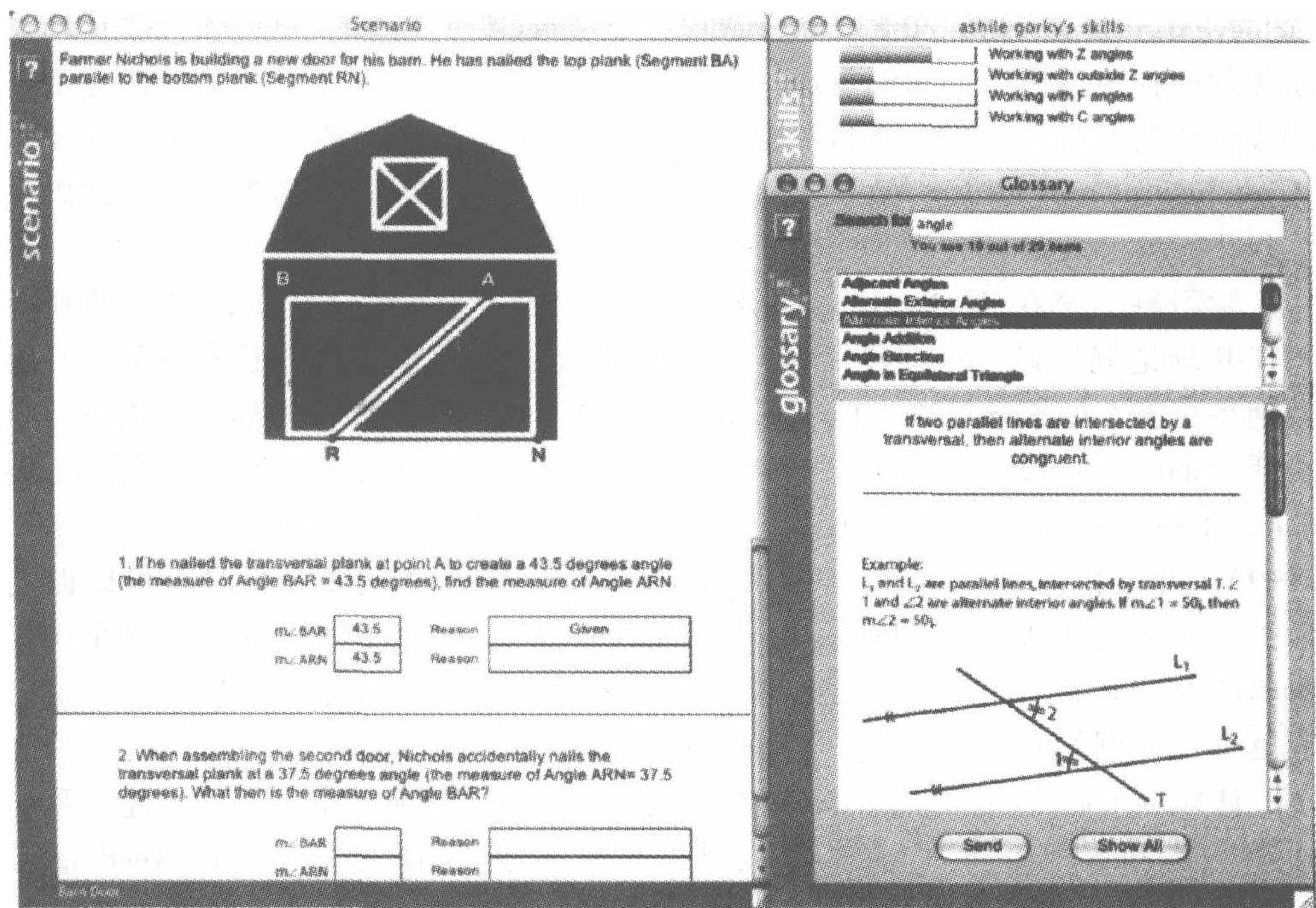


图 5.3　几何认知导师支持自我解释的解决步骤的屏幕图

课堂中教育技术的发展影响不仅仅局限于学习成果方面。继斯科菲尔德、埃文斯－罗兹和休伯（Schofield，Evans-Rhodes & Huber，1990）以及沃斯莫（Wertheimer，1990）的观察之后，我们也注意到代数认知导师系统的使用对课堂社会和动机过程中的变化所产生的影响（Corbett et al.，2001）。这些课堂的参观者经常就学生们如何参与的问题进行评论。代数认知导师可以提高学生动机有很多原因。第一，真实的问题情境使数学更有趣、更有可感知性或者与实际联系更密切。第二，比起听，学生们通常都喜欢做，并且代数认知导师问题中增加的成就和反馈以视频游戏的方式呈现，更具吸引力。第三，该导师提供的安全网

络减少了挫折的可能性，并且在没有社会污染的情况下对错误提供帮助。第四，在数学掌握中获得的成就能够给学生巨大力量，从而促进学习。

74

结论和未来的工作

人工辅导是一种非常有效并且令人愉快的学习方式。但是为每个学生买一台电脑比为每一个学生雇用一名教师的成本效益要高很多。计算机程序要起到导师的作用时，必须能够做人工导师可以做的一些非常关键的事情：（1）像我们要求学生那样用领域知识来解决问题并且进行推理；（2）了解学生的典型迷思概念、相关的非正式知识和学习轨迹；（3）逐步跟踪学生的推理过程，并且熟悉学生何时何地暴露出对知识或理解的缺乏；（4）当学生需要时，结合情境给他们提供适当的脚手架、反馈和帮助；（5）对学生进行持续的需求评价，并在其个别需求的基础上开展教学。认知导师结构的认知模型、模型跟踪和知识跟踪算法提供了这些关键而有效的辅导的行为。

学习科学家在认知心理学、教学设计领域取得了许多进步，认知导师与ACT-R 理论就是其中的典型代表。认知导师实施的辅导显然是形式简单的，因而期待更复杂的辅导策略（Collins et al.，1989），其中有些策略如自然语言辅导对话（natural language tutorial dialog），已越来越多地应用于实践中（例如 Jordan，Rose，& VanLehn，2001；Wiemer-Hastings，Wiemer-Hastings，& Graesser，1999）。并且相关的实验研究正在测试这些辅导策略额外的复杂性是否可以促进学生学习（例如 Aleven，Popescu，& Koedinger，2003）。有些实证研究则在探究简单的教学形式，如问题解决策略的有效实例是否与更复杂的形式同样有效，或者更有效（例如 Clark & Mayer，2003）。

认知导师研究在很多方面都正在积极地前进着。目前一个主要的研究主题是辅导元认知技能，除了认知技能外，包括自我解释（Aleven & Koedinger，2002）、错误检测与校正（Mathan & Koedinger，2003），以及学习和寻求帮助的技能（Aleven，McLaren，Roll，& Koedinger，2004）。认知导师也正在被用来支持所要求的状态测试和学校责任（http：//assistment. org），并且创作工具正在创建中，以便将来加快认知导师的发展（http：//ctat. pact. cs. cmu. edu）。最后，认知导师正在被用作研究平台，以对学习原则进行严格的“活体”（in vivo）实验测试，也就是指在有着真实学生和真实课程的课堂内进行实验测试（http://learnlab. org）。

致谢

国家科学基金会（The National Science Foundation，NSF）、教育部和 DARPA

支持了代数认知导师的研究。卡内基学习公司（Carnegie Learning）支持了数学6认知导师。国家科学基金会的学习科学中心正在支持匹兹堡学习科学中心以及学习实验室（LearnLab）的创建。

注释

①本章中，我们经常涉及这样的行为情境，如“问题”或“问题解决活动”，我们认为本章中关于辅导的很多观点与某些行为表现相关，尽管这些行为表现较少被描述为问题解决，如写文章、科学探索或用外语交流。

参考文献

Aleven, V., & Koedinger, K. R. (2002). An effective meta-cognitive strategy: Learning by doing and explaining with a computer-based Cognitive Tutor. *Cognitive Science*, 26, 147 - 179.

75

Aleven, V., McLaren, B., Roll, I., & Koedinger, K. R. (2004). Toward tutoring help seeking. In Lester, Vicari, & Parguacu (Eds.) *Proceedings of the 7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, 227 - 239. Berlin: Springer-Verlag.

Aleven, V., Popescu, O., & Koedinger, K. R. (2003). A tutorial dialog system to support selfexplanation: Evaluation and open questions. In U. Hoppe, F. Verdejo, & J. Kay (Eds.), *Artificial Intelligence in Education: Shaping the Future of Learning through Intelligent Technologies, Proceedings of AI-ED* 2003 (pp. 39 - 46). Amsterdam, IOS Press.

Anderson, J. R., Boyle, C. F., & Reiser, B. J. (1985). Intelligent tutoring systems. *Science*, 228, 456 - 468.

Anderson, J. R., Corbett, A. T., Koedinger, K. R., & Pelletier, R. (1995). Cognitive tutors: Lessons learned. *Journal of the Learning Sciences*, 4 (2), 167 - 207.

Anderson, J. R., & Jeffries, R. (1988). Novice LISP errors: Undetected losses of information from working memory. *Human-Computer Interaction*, 1, 107 - 131.

Anderson, J. R., & Lebiere, C. (1998). *The atomic components of thought*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Berry, D. C., & Dienes, Z. (1993). *Implicit learning: Theoretical and empirical issues*. Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates.

Bloom, B. S. (1984). The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational Researcher*, 13, 3 - 16.

Bransford, J. D., Brown, A. L, & Cocking, R. R. (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Committee on Developments in the Science of Learning Commission on Behavioral and Social Sciences and Education. National Research Council. Washington, DC: National Academy Press.

Chi, M. T. H., de Leeuw, N., Chiu, M., & Lavancher, C. (1994). Eliciting self-explanations im-

proves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439 – 477.

Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121 – 152.

Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2003). *e-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. San Francisco: Jossey-Bass.

Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 453 – 494). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Corbett, A. T. (2001). Cognitive computer tutors: Solving the two-sigma problem. *User Modeling: Proceedings of the Eighth International Conference, UM* 2001, 137 – 147.

Corbett, A. T., & Anderson, J. R. (1995). Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge. *User modeling and user-adapted interaction*, 4, 253 – 278.

Corbett, A. T., & Anderson, J. R. (2001). Locus of feedback control in computer-based tutoring: Impact on learning rate, achievement and attitudes. *Proceedings of ACM CHI* 2001 *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 245 – 252.

Corbett, A. T., Koedinger, K. R., & Anderson, J. R. (1997). Intelligent tutoring systems. In M. G. Helander, T. K. Landauer, & P. V. Prabhu, (Eds.), *Handbook of human-computer interaction* (pp. 849 – 874). Amsterdam: Elsevier.

Corbett, A. T., Koedinger, K. R., & Hadley, W. H. (2001). Cognitive Tutors: From the research classroom to all classrooms. In Goodman, P. S. (Ed.), *Technology-enhanced learning: Opportunities for change* (pp. 235 – 263). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Corbett, A. T., MacLaren, B., Kauffman, L., Wagner, A., Jones, E., & Koedinger, K. R. (2005). *Evaluating a genetics cognitive tutor: Modeling and supporting a pedigree analysis task*. Carnegie Mellon University Technical Report.

Corbett, A. T., & Trask, H. (2000). Instructional interventions in computer-based tutoring: Differential impact on learning time and accuracy. *Proceedings of ACM CHI* 2000 *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 97 – 104.

Eberts, R. E. (1997). Computer-based instruction. In Helander, M. G., Landauer, T. K., & Prabhu, P. V. (Eds.) *Handbook of humancomputer interaction* (pp. 825 – 847). Amsterdam: Elsevier Science B. V.

Fox, B. (1991). Cognitive and interactional aspects of correction in tutoring. In P. Goodyear (Ed.) *Teaching knowledge and intelligent tutoring* (pp. 149 – 172). Norwood, NJ: Ablex Publishing.

76

Jordan, P. W., Rosé, C. P., & VanLehn, K. (2001). Tools for authoring tutorial dialogue knowledge. In J. D. Moore, C. L. Redfield, & W. L. Johnson (Eds.), *Artificial Intelligence in Education: AI-ED in the Wired and Wireless Future, Proceedings of AI-ED* 2001. Amsterdam: IOS Press.

Koedinger, K. R. (2002). Toward evidence for instructional design principles: Examples from Cognitive Tutor Math 6. In *Proceedings of PMENA XXXIII (The North American Chapter of the Interna-*

tional Group for the Psychology of Mathematics Education).

Koedinger, K. R. , &Anderson, J. R. (1993). Effective use of intelligent software in high school math classrooms. In P. Brna, S. Ohlsson and H. Pain (Eds.) *Proceedings of AIED* 93 *World Conference on Artificial Intelligence in Education*, 241 - 248. Chesapeake, VA: Associate for the Advancement of Computing in Education.

Koedinger, K. R. , Anderson, J. R. , Hadley, W. H. , & Mark, M. A. (1997). Intelligent tutoring goes to school in the big city. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8, 30 - 43.

Koedinger, K. R. , & Nathan, M. J. (2004). The real story behind story problems: Effects of representations on quantitative reasoning. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (2), 129 - 164.

Kulik, C. C. , & Kulik, J. A. (1991). Effectiveness of computer-based instruction: An updated analysis. *Computers in Human Behavior*, 7, 75 - 95.

Lave, J. , Murtaugh, M. , & de la Rocha, O. (1984). The dialectic of arithmetic in grocery shopping. In B. Rogoff & J. Lave (Eds.), *Everyday Cognition* (pp. 67 - 94). Cambridge, MA: Harvard University Press.

Lepper, M. R. , Aspinwall, L. , Mumme, D. , & Chabay, R. W. (1990). Self-perception and social perception processes in tutoring: Subtle social control strategies of expert tutors. In J. Olson & M. Zanna (Eds.) *Selfinference processes: The sixth Ontario symposium in social psychology* (pp. 217 - 237). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Littman, D. (1991). Tutorial planning schemas. In P. Goodyear (Ed.) *Teaching knowledge and intelligent tutoring*, 107 - 122. Norwood, NJ: Ablex Publishing.

Mathan, S. , & Koedinger, K. R. (2003). Recasting the feedback debate: Benefits of tutoring error detection and correction skills. In Hoppe, Verdejo, & Kay (Eds.), *Artificial Intelligence in Education*, *Proceedings Of AI-ED* 2003 (pp. 13 - 18). Amsterdam: IOS Press.

Matz, M. (1982). Towards a process model for high school algebra errors. In D. Sleeman and J. S. Brown (Eds.) *Intelligent tutoring systems* (pp. 25 - 50). New York: Academic Press.

McArthur, D. , Stasz, C. , & Zmuidzinas, M. (1990). Tutoring techniques in algebra. *Cognition and Instruction*, 7, 197 - 244.

Merrill, D. C. , Reiser, B. J. , Ranney, M. , & Trafton, G. J. (1992). Effective tutoring techniques: A comparison of human tutors and intelligent tutoring systems. *The Journal of the Learning Sciences*, 2, 277 - 305.

Morgan, P. , & Ritter, S. (2002). *An experimental study of the effects of Cognitive Tutor® Algebra I on student knowledge and attitude*. Pittsburgh, PA: Carnegie Learning Inc. Retrieved April 14, 2005, from http://www.carnegielearning.com/wwc/originalstudy.pdf.

Nathan, M. J. , & Koedinger, K. R. (2000). An investigation of teachers' beliefs of students' algebra development. *Cognition and Instruction*, 18 (2), 207 - 235.

Nathan, M. J. , Long, S. D. , & Alibali, M. W. (2002). Symbol precedence in mathematics textbooks: A corpus analysis. *Discourse Processes*, 33, 1 - 21.

Newell, A. , & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice

Hall.

Polya, G. (1957). *How to solve it: A new aspect of mathematical method.* (2nd ed.). Princeton, NJ: Princeton University Press.

Resnick, L. B. (1987). Learning in school and out. *Educational Researcher*, 16 (9), 13 -20.

Ritter, S., & Anderson, J. R. (1995). Calculation and strategy in the equation solving tutor. In J. D. Moore & J. F. Lehman (Eds.), *Proceedings of the Seventeenth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 413 -418). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Scheines, R., & Sieg, W. (1994). Computer environments for proof construction. *Interactive Learning Environments*, 4, 159 - 169.

Schofield, J. W. (1995). *Computers and classroom culture.* New York: Cambridge.

Schofield, J. W., Evans-Rhodes, D., & Huber, B. (1990). Artificial intelligence in the classroom. *Social Science Computer Review*, 8 (1), 24 -41.

77 Singley, M. K. (1990). The reification of goal structures in a calculus tutor: Effects on problem solving performance. *Interactive Learning Environments*, 1, 102 - 123.

Singley, M. K., & Anderson, J. R. (1989). *Transfer of cognitive skill.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Skinner, B. F. (1968). *The technology of teaching.* New York: Appleton-Century-Crofts.

Sleeman, D. H., & Brown, J. S. (1982). *Intelligent tutoring systems.* New York: Academic Press.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257 -285.

van Merrienboer, J. J. G. (1997). *Training complex cognitive skills: A four-component instructional design model for technical training.* Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Wenger, E. (1987). *Artificial intelligence and tutoring systems: Computational and cognitive approaches to the communication of knowledge.* Los Altos, CA: Morgan Kaufmann.

Wertheimer, R. (1990). The geometry proof tutor: An "intelligent" computer-based tutor in the classroom. *M athematics Teacher*, 83 (4), 308 -317.

Wiemer-Hastings, P., Wiemer-Hastings, K., & Graesser, A. C. (1999). Improving an intelligent tutor's comprehension of students with latent semantic analysis. In Lajoie, S. P. and Vivet, M. eds. *Artificial Intelligence in Education, Open Learning Environments: New Computational Technologies to Support Learning, Exploration, and Collaboration, Proceedings of AIED-99*, 535 - 542. Amsterdam: IOS Press.

第6章

活动中的学习

79

詹姆斯·G. 格里诺

本章讨论了学习科学中我称之为“情境化”（situative）的研究项目。情境化方法的明确特征是不再关注个体学习者，分析的主要焦点在于活动系统：包含学习者、教师、课程材料、软件工具以及自然环境在内的复杂的社会组织。在过去几十年里，关注个体是心理学的主流，但仍有许多心理学家倡导对活动系统的研究（Dewey，1896，1929/1958；Lewin，1935，1946/1997；Mead，1934，Vygotsky，1987）。情境化分析包含对协调原则的假设和意义建构与理解，其中这些原则支持活动系统中的交流与推理，包括意义建构与理解。

这里提到一些支持“情境化观点”的专业术语，包括社会文化心理学（Cole，1996；Rogoff，1995）、活动理论（Engeström，1993；1999）、分布式认知（Hutchins，1995a）以及生态心理学（Gibson，1979；Reed，1996）。一些学者提出情境活动（Suchman，1985）、情境认知（Lave，1988）或情境学习（Lave & Wenger，1991）的观点，受其影响，这里使用“情境化”这个术语，并用“情境化”来修饰“观点/角度”、“分析”或“理论”，而不采用“情境的”（situated）来修饰。后者常用来修饰“行动”、“认知”或者“学习”。因为后者很容易引起误解：某些行动、认知或者学习的场合是情境的，而有些不是。在20世纪八九十年代，众多学者按活动体系的标准对认知和学习的概念进行重新界定。例如，赫钦斯（Hutchins，1995b）曾经研究过商务飞机飞行活动中的记忆问题，对驾驶员在飞机下降过程中改变机翼和操纵杆设置的记忆活动进行分析。驾驶员座舱是一个活动系统，此活动系统包含使用仪器工作的两个飞行员以及其他信息资源。古德温（Goodwin，1996）研究了在机场中地面操作人员的感知和理解，分析了在 ops 空间活动系统中，飞行机舱外感知和理解的条件。此活动系统包含几位参与者以及一些监控设备，监控设备能够提供机舱外的飞机图像，参与者根据自身实践经验，组织适当的信息，解释遥控设备上的图像。

80

有关推理和问题解决的研究影响深远。莱夫、默托、德拉·罗萨（Lave，Murtaugh，& della Rosa，1984）通过购物者购物的过程来分析推理，他们发现，

购物者最初的目的、超市商品过道上物品的符号和性能共同影响着购物者的决定。斯科里布纳（Scribner，1984）分析了奶制品仓库工人的问题解决过程。工人将所需数量的奶制品放置在容器中以供传输，人们比较食物供求单的信息并作出选择，工人再根据当时容器中的空余空间决定奶制品的需求数量，其中食物供求单反映的是对奶制品的需求量以及奶制品的可供数量。分析发现，在购物和奶制品装载系统中提出的决定和解决方法通常是最理想的；即购物者通常选择那些价位最合理的产品，奶制品装载者通常通过搬动最小数量的奶制品来满足订单。而努涅斯、施黎曼和凯洛尔（Nunes，Schliemann & Carraher，1993）证明：把这些日常生活中很容易解决的问题迁移到数学中去，用数学语言来阐述，让购物者和工人完成类似学校的数学测试，他们往往做得很差劲。其结论有力地说明了在没有考虑活动系统类型的情况下，询问某人是否学习过数学的某个特定主题（例如数字乘法的教学），实际上是没有意义的，活动系统中人们的“知识”是要接受评价的。发生在一种活动系统中的学习能够影响一个人在另一种系统中的行为。根据实践中活动的重复迁移来解释学习，比根据个体所学知识结构的转变来解释，显得更加简单易懂（例如，Beach，1995；Greeno，Smith & Moore，1993；Saxe，1990）。

从情境化观点来看，所有社会组织的活动都为学习的发生提供了机会，包括那些不符合教师、设计者愿望的学习。我们关注并分析随着时间的推移人们在活动中经验的改变，即研究学习。研究活动中的学习要求我们发展一些概念和原则，使之能够解释设计好的活动中如何以及为什么能够引发人们行动的改变。在学习环境的设计中，要采用情境化观点，关注活动系统的特征，这样才能采用有效的方法让学习者提升参与的能力。

情境化观点是基于并综合了两大人类行为研究项目，这两大项目产生于20世纪六七十年代，并影响了行为主义的研究取向。第一个是**认知科学**，它关注信息的模式，假定信息模式是在活动中建构或创立的。一般说来，虽然人们越来越倾向于将社会交互视为个体认知和学习的境脉，但此研究关注的是个体。第二个是**交互作用的研究**，此研究关注群体中的个体在其环境中与物质系统及信息系统发生互动时的协作模式。这两个研究都对实证发现、理论概念以及研究方法的发展作出了重要贡献。两者都在关于解释学习的概念和原则以及它们的发展方面取得了成功，在当代的学习科学构成中扮演了关键的角色。

虽然这两个研究方向均提供了有关学习的重要科学知识，但最近，它们的发展出现了分离。个体认知取向分析信息的结构，很少提及人们彼此之间以及人们与实践中的技术资源之间的交互作用。交互作用取向分析活动中协作的模式，但很少提及信息的结构，但结构涉及协调活动的内容，例如，人们在交谈些什么。不管是个体认知取向还是交互作用取向，都还有大量的内容要进行研究。发展这两个取向的相关概念和方法是有价值的。

81

本章开始我会概述个体认知和交互取向。这两者关注学习的不同方面，每个方面都需要在学习科学中进行定位，于是我提出两个观点来增进个体认知研究和交互观点研究之间的联系，一个将个体认知观点进行扩展，使之包含交互作用，另一个是情境化的观点，将交互作用的观点扩充为包含对信息结构的分析。在其他部分，我将讨论情境化研究的各个方面，包括一些在活动实践分析中关键的概念，并展示两个说明性的例子。

个体认知取向：关注信息结构及过程

认知学家关注个体回答问题、解决问题、学习文本以及对激励给予响应的活动。大多数时候，他们会检查个体在实验任务或者学校评估中的表现。认知的解释是过程的模型，个体利用模型来建构、存储、重新获得与修正信息模式。这些模式通常涉及**信息结构**(information structures)。认知科学的关注点是信息结构的概念和方法，但这仍然处于大多数交互作用的分析背景中。

个体认知方法研究关注参与者的信息结构，包括参与者已有的以及在活动参与过程中利用情境建构起来的结构。认知学家对问题解决的研究就是一个例子。他们通常假设个体在问题解决时具有一个认知结构，称之为**问题空间**(problem spaces)，问题空间包含问题的对象、问题对象的安排、操作者、目标和学习策略。认知学家在活动中设立额外的子目标结构，在问题状态下对改变进行评估，建立过去努力的记忆系统等（例如，Newell & Simon，1972）。

另一个实例是认知学家对阅读的研究。认知学家将阅读作为一个过程来考察，在此过程中，阅读者产生内在的信息结构：界面、情节的连接、描述、整体叙述结构。阅读者在阅读故事时会产生以上信息结构。这些结构又由更多的一般信息结构构成，一般的信息结构包含合乎语法规则的形式和图式，图式与信息模式相对应，信息模式能够从文本中找到（例如，Kintsch，1998）。

个体认知取向注重信息结构的构建以及支持理解和推理的程序。受个体认知观点影响的教育实践强调这些信息结构的建构过程。包括皮亚杰关于儿童是如何通过建构图式来获得提升的研究；20 世纪 60 年代，在课程设计和发展方面，数学与科学方面的专家围绕学科问题中的概念结构来设计课程；课程和技术以认知信息处理模型为基础，例如基于计算机的辅导系统（Koedinger & Corbett，见本书）。

交互取向：关注参与结构与过程

82

研究社会交互的学科包括：民族方法学、话语分析、符号交互作用论，以及社会文化心理学（与“交互作用的分析”相比较，Jordan & Henderson，1995；

Sawyer，见本书）。此研究关注人们在物质系统和技术系统的帮助下，如何按照计划与对方交谈，如何评价、如何协调彼此的交互作用。其目的是为了识别系统中的不同因素（人类的和非人类的）在参与共同活动时协调其行为的模式，这种模式称为**参与结构**（participation structures）或**参与者结构**（participant structures）（Phillips，1972）。参与结构描述了活动在功能方面的分布，包括代理、权威、责任、领导与服从、发起、参与、接受、质问和挑战等。参与结构是团体或群体实践的一部分，是一个团体或群体的特征，可以使学习者更有效、更充分地参与到团体实践中（Lave & Wenger，1991）。

交互研究关注整个活动系统，由此得出了有关交互系统协调原则的一些结论。这意味着研究者不得不分析整个活动系统，哪怕他还没有完全理解系统中各个组成部分，尤其是系统中各个参与者的情况。关注个体认知的取向和关注交互的取向两者间的矛盾让研究复杂系统的科学家处于两难境地：是将整体解构为部分进行研究，还是对整个系统进行全盘的研究（Sawyer，2005；Simon，1969）。

相互作用的研究已经找出了会话交互的几个重要模式——话轮转换（turn taking）、开放和封闭话题、对报告和讨论过的概念中的明显错误进行修正（Sawyer，本书；Levinson，1983）。我们可以对不同个体产生的有差别的参与模式进行分析，例如，在一些课堂环境中，学生的贡献主要体现在直接回答教师的提问（例如，Bellak et al.，1966；Cazden，1986；Mehan，1979），在其他安排了讨论的课堂环境中，学生也能同时对彼此的观点与意见作出响应与交流（例如，O'Connor & Michaels，1996；Phillips，1972）。

交互研究的重要贡献在于让很多教育家产生这样一种直觉：为学生学习制订的目标可以依据专业学者的实践来获得。例如，科学教育包含这样的学习目标：学生要能够使用进行推理、问题解决、论证的方法。这些方法是科学家在反思实践中发展得来的，例如，从不同的迹象区分假设（例如，Kuhn，1989），然后推断普遍原则的具体含义以及确定特定问题与普遍原则之间的关系（例如，Chi，Feltovich，& Glaser，1981）。学习科学家使用此观点来指导科学教育，利用科学实践的研究结果来说明科学家如何开展工作，研究涉及哪些知识和实践。20世纪80年代中期出版了一些有影响的科学实践研究成果（Latour & Woolgar，1986；Lynch，1985），这些研究并没有调查科学学科问题上的信息建构；事实上，拉图尔和伍尔格（Latour & Woolgar，1986）曾发表著名的声明：在没有借助认知的情况下，可用社会与文化因素来解释所有的科学。近期越来越多的研究对科学实践与发展的概念化和经验主义内容作了认真详细的分析（例如，Fujimura，1996；Kitcher，1993；Nersessian，1984；2002）。

在认知分析中运用交互

83

将各种独立的认知与交互概念和方法统合的策略之一就是从认知的角度进行研究，然后扩展到两人以上的交互情境。如果一个活动系统能够分解为个体和个体使用的工具，那么我们可以通过将其简化为个体和工具的研究来分析这个活动系统，对这些得出的解释进行聚合，形成对整个活动系统的研究。个体认知取向的一个假设认为可以通过将群体分解为单独个体的方式研究解释群体（Sawyer, 2005）。为了研究个体学习者，研究者构建出一种新的活动结构——实验室试验，因为尚不知道个体是如何依赖社会境脉的，我们需要先作出一个**因素假设**（factoring assumption）：用来定义个体研究对象行为的原则并不显著地依赖于活动系统的其他部分。不将活动系统作为一个整体来分析，我们就无法得出个体行为依赖活动系统更广阔情境的特征，这样我们很难将实验室结论推广到现实世界的学习环境。

个体认知科学研究者的一些研究结果对于将认知原则从个体延伸到群体活动是相当有价值的。例如，施瓦茨（Schwartz, 1995）研究中学生在理解机械系统或生物系统等任务上的表现。他发现小组合作的学生，较之采用出声思维法（thinking-aloud protocols）的个体学习者，更容易在交谈中提取有用的信息。岗田和西蒙（Okada & Simon, 1997）研究大学生在科学问题解决的模拟实验时，同样发现配对合作的参与者比个体参与者做得要好，配对参与者更容易地得出产生式推论（productive hypotheses）。邓巴（Dunbar, 1995）研究了生物实验室中的小组会话，发现参与者在共同推理中多次采用类推的方式。这些结果显示了在个体推理与问题解决中一些重要的过程，如关注问题情境的更一般特征、产生假设、进行类比。在群体中，这些过程出现得更频繁，效果更明显。这种现象可以归功于有他人的存在，这也是社会情境的一个有利作用。

此外，一些发现认为群体活动分析可能会涉及一些在个体活动中不明显的重要活动。巴伦（Barron, 2003）在研究六年级学生解决数学问题时得出以下结论：引导学生共同的注意力是获得成功的重要因素。索耶（Sawyer, 2003）在研究群体表演爵士音乐和即兴戏剧的表现时得出以下结论："口头和音乐的表演都是在交互过程中形成的"，"对群体创造力的分析需要有一种基本的交互语言，它注重标记符号用法的索引性质"（2003, p. 95）。即兴活动中的符号解释从根本上说是指示性的，其结果是，对意义及表演过程的理解需要分析交互系统，在分析时，要超越照本宣科的表演和那些有着固定空间的问题。

情境化视角：在交互分析中包含信息结构

“情境化视角”的研究使用另一个策略，目的是整合认知与交互研究的概念和方法。在情境化视角中，分析的主要焦点在于活动系统的表现和学习：人的集合以及其他系统。

84 情境化视角认为，个体认知是与更为普通的交互模式相联系的，例如在探究式课堂中，学生在阐明和评价问题时，在计划和争论关于概念和解释的多种意义时，会共享彼此对问题的理解。分析可以考虑，个体学习者的共享理解是否对整个班级的进步有贡献，而不是简单地展示他们之前与教科书、教师以及计算机的交互建构的认知理解。

进行情境化解释要求同时考虑在活动中使用协作交互原则和信息符号结构。此类研究会对参与者在共同活动中理解、使用与产生的信息结构进行分析。分析能够使用很多的概念和表征，在认知科学里，这些概念和表征就是标准；分析的不同之处在于他们是以参与者之间（取代了个体的出声思维法）的会谈记录为基础的，对此也解释为信息的假设，即这些信息是参与者在普通会谈场所中建构起来并共同分享的，进而才有了我们观察到的会谈。这些情境化研究通过分析活动系统中的交互行为，将个体认知和交互观点统一起来，此活动系统包括对符号结构的假设，符号结构就是活动中的信息内容。这些分析包含对活动的材料、技术工具、人工制品所作贡献进行表征，目的是为了理解认知，如同理解活动关系中参与者和工具之间的交互行为一样。因此，我们常说的情境化视角研究**分布式认知**：即群体中人们使用复杂的技术制品，利用在任务期间产生的材料表征（图表、图形和模型），进行问题解决、计划和推理活动。

在情境化研究中如果不同时分析活动系统中的多个层次，就没有什么意义。比如可以对活动群体中个体的思考过程与信息结构进行分析，也可以对作为活动系统组成部分的制度设置进行分析。我们希望能在相互协调的所有层次上同时展开分析（甚至包括对大脑思考过程的研究），以便知晓研究对象不同层次的概念与原则是如何相互关联的。

从情境化视角出发来分析认知和交互研究取向，这与之前的研究有三个明显的不同。我用一个简单的讨论来阐明这一点，例子来自于一位中学教师和学生之间关于一份报告草案的三分钟会话，这份报告是某学生代表其项目群体所作的。这个班级正在学习“南极洲”这个知识单元，此单元来自中学数学应用项目（Middle-school Mathematics through Applications Project，MMAP）（Goldman & Moschkovich，1995，Greeno & MMAP，1998）。此项目让学生使用一种叫ArchiTech的设计程序，ArchiTech 可以在学生设计建筑物时提供支持。学生以 4 到 5 人为一组，任务是为四个要在南极洲上生活两年的科学家设计生活住处。ArchiTech 包

含图形界面，学生可以利用图形界面设计地板和细化诸如隔热效果、室内和室外每月平均气温这类的数据。项目要计算设计建筑物的所有开销以及对建筑物进行设计供热的每月开销，这些都要以学生对温度、隔热效果和质量的设想为基础。学生的设计还要包含科学家们工作、睡眠以及娱乐的空间。

85

在项目过程中有一个插曲，教师给学生一个很特别的任务：找出最佳的隔热效果值（称为“R 值”），以使在这两年中用于建筑和加热的所有开销最小。为了完成任务，学生保持着他们原来对建造设计和温度的设想，然后针对不同 R 值，用程序计算了各种建造方案和每月供热的总开销。每个小组制作了一份有关隔热效果值的表格，表格的每一行对应一个 R 值，记录了建造的费用以及两年中加热的费用。学生在分析过程中，关注表格中连续的行，注意建造费用的增加数量，观察随着 R 值的增加，每月的供热费用降低了多少。最后，他们发现当 R 值为 20 时，两年的所有开销是最低的。当 R 值介于 10—20 之间，建造开销的增加量要比加热开销的减少量少；但是当 R 值介于 20—30 之间，建造开销的增加量要大于加热开销的减少量。学生解决问题的方法与教师设想的不同，教师原本期待学生根据每一个 R 值来计算所有开销（建造开销加上两年加热的开销），然后快速找出使全部开销最小的 R 值。

在会话中，教师和学生对小组的分析和为什么没有采用教师预想的分析方法也达到了正确结果的原因形成共识。用情境化视角来分析此插曲可分为两部分：一是会话的交互分析，包括对话轮转换的密切关注、响应以及贡献（Sawyer，本书）；二是信息的符号结构，在会话中建构的信息符号结构包括学生表格中的信息结构。学生对符号的不同处理形成了不同的设计版本，表格的每一行显示一个 R 值、建造的开销、加热的开销。这些符号的意义就像信息结构一样被建构起来，在会话中，教师和学生对小组的推理达成共识，从而产生了信息结构。

教师和学生要适应一些交互的、符号的规则，也要适应任务领域中的某些限制：比如话轮转换，包括“能够给学生一次解释该小组推理的机会”的愿望；“建构和理解在数字表格中符号的表征”的惯例；建筑设计领域的规则，包括开销的重要性；以及用来计算 R 值的算法操作。虽然教师后来能够理解学生的解释与推理，但在最初，教师未能预想到学生判别最佳 R 值的方法。

数据是交互作用的记录，而不仅仅是“口头报告”

情境化取向与个体认知取向的一个不同之处在于，前者用于推测信息结构属性的数据和后者不同。在问题解决的个体认知研究中，通常基于个体出声思维法的记录分析信息，这些记录被视为个体大脑中对问题空间的表征，以及解决问题过程中的外显证据。相反，情境化研究关注的是群体环境中的问题解决。在共同解决问题时，参与者使用交谈、做手势的方式进行交互，并在交互中为彼此创造

了可视化的表征。使用交互作用分析的方法，研究者记录参与者的活动，在研究问题解决时用这些记录来分析有声思维，并在群体层面模拟有声思维的运行机制：协作会话就是群体思考的可视化。参与者通过协作讨论，分享彼此的理解、目标、意图以及期待，协作讨论也为研究者研究正在形成与使用的符号结构提供了稽证。

符号结构是怎样产生的

学习科学非常注重信息结构形成与使用的方式，以及在活动系统的哪些方面使用。个体认知取向按照个体心理活动的层次来分析这些过程；情境化视角从活动系统的层次来分析。如果系统中有多个个体，他们的会话就是一个建构共享信息的**联合行动**(Clark & Schaefer，1989)。克拉克和威尔克斯－吉布斯（Clark & Wilkes-Gibbs，1986）已经说明：应该将符号结构视为联合行动的成果，而不是符号本身的性质，符号的意义经常与问题有关，而问题是在活动中产生的（例如，Goodwin，1995)。甚至一个词的相关意义都是表征实践（representational practice）的协作成果（Clark & Wilkes-Gibbs，1986)。

会话分析（例如，Schegloff，1991）和语言心理学（例如，Clark，1996）的研究者已经分析了会话中参与者互相建构意义的方法。在不同文化中，由于传统习惯的差异，对符号的解释也不尽相同。解释构成了活动整体所需的成分，当人们参与到活动系统中时，他们就会参与到正在进行的活动。情境化观点认为，意义是个体达到相互理解的联合行动以及个体表述自己观点时引用的观点或事件这两者间的关联。通过分布式认知研究（如，Hutchins，1995a）和对科学的社会研究（如，Pickering，1995）等调查方法，材料和其他信息资源同样对信息的建构作出了贡献。

当研究者将知识建构的分析重心转移到活动系统层次时，他们需要解释活动中众多的参与者，分析其在交互的参与者结构中的定位方式以及定位是如何促进信息结构产生的。

从表征到表征实践

个体认知取向认为表征是信息结构，连接着某种观点的网络中的各个概念。网络和概念是存储在人们记忆中的心理对象。相反，情境化视角认为表征是符号和情境之间的联系，产生于人们活动中的理解。结合这两种观点，研究的焦点开始涵盖**表征**和**表征实践**。

强调实践中的表征是在个体心理与社会中分布的，其实是整合了认知视角与交互视角。个体认知视角侧重于信息表征，交互视角侧重于环境、资源与个体间

的表征实践。

情境化研究法中分析的表征和表征实践拓展了在认知心理科学领域中与语境无关的语义网络表征范围，不仅仅是传统的脱离情境的语义网络（semantic-network），还包括符号及其适用情境之间的**指示性关系**(indexical relations)。在情境化分析中，心理状态是一种表征，但是这里有证据表明，对活动的功能报告已包含假设的表征，活动的功能报告归因于那些状态的信息化功能。在情境化视角中，心理表征仅跟指示性关系中相对应的且正在进行的活动范围有关。从这个意义上去理解，大多数呈现在**符号网络**(semiotic networks）中的指示性关系(Greeno & Engle，1995）都是有用的，而不仅仅是解释参与者的内部心理表征。研究者也没有必要假设这些功能之间的关系是在个体学习者头脑中表征的，除非有证据支持外显的表征。

87

活动中的实践

情境化研究关注活动系统的特性，特别是系统各组成成分之间的协调原则——参与者、环境中的技术与工具、信息结构，以及参与者在活动中与问题相关的实践。

情境化视角继承了交互行为研究的假设：活动通常不是事先规划好的，而是经过参与者的商议和积极建构完成的。关于交互行为数十年的传统研究已经证明，参与者花费大量精力协调他们正在进行的协作活动，在许多情况下，当协调失败时协作活动也随之终止。鉴于调整工作是如此困难，情境化研究者面临的一个主要理论问题是解释共同活动如何连贯地进行下去（当然是指确实进行下去的场合)。个体间的协调或**结盟**(alignment）依赖于在会话中对彼此意图的理解，对行动的调整也是一样（例如共同搬动家具、在舞会中表演)。多个个体与系统间的结盟包括操作机器（例如一辆小汽车）或者演奏乐器（例如钢琴)，或者是观察、鉴赏以及理解一个对象或系统行为（例如森林或动物行为的片段)。

对结盟有贡献的实践

在认知科学里，对学科问题相关活动的分析已经很多，有关假设认为它们以符号结构的形式表征在个体记忆中。情境化视角通过考察群体共同的社会习俗及个体参与活动的方式解释结盟。群体共同的社会习俗包含一些协议，例如在会话过程中话轮转换的模式、完成任务时恰当的工作方式，以及什么样的产品能够表明任务已经完成。协议还包含在口头交流、书面交流、学习环境中与信息技术和工具（书籍、计算机软件）交互过程中使用符号和其他表征实践的方式。话语公约包括话轮转换的指导方针以及参与者在课堂社会结构中扮演的不同角色。这

些模式确定了诸如代理（agency）、能力、权威、责任等因素在参与者的交互活动中的分布方式。

加入一个团体就要理解对团体活动话语而言非常重要的公约和惯例。部分话语是关于概念的明确含义的，但大多数成功的惯例都是依赖于群体成员对概念共同的隐性理解（implicit understanding），甚至当人们可能并不理解其他人在讨论概念意义时所使用的明确表述也是一样的（Greeno，1995）。

结盟同样取决于参与者在活动中作出贡献的共同做法。图 6.1 显示了完成任务的一般交互架构，它改编自克拉克和谢菲尔（Clark & Schaefer，1989）的话语贡献架构。执行任务包括执行有利于完成任务目标的行动。行动的结果正好是通常背景下的信息的补充——关于任务或情形属性的信息，或者关于评价、意图和目标的信息。行动的结果也可以是任务中实物的变化，如移动对象、创建对象。这种结果用写或画的方式进行表述。

88

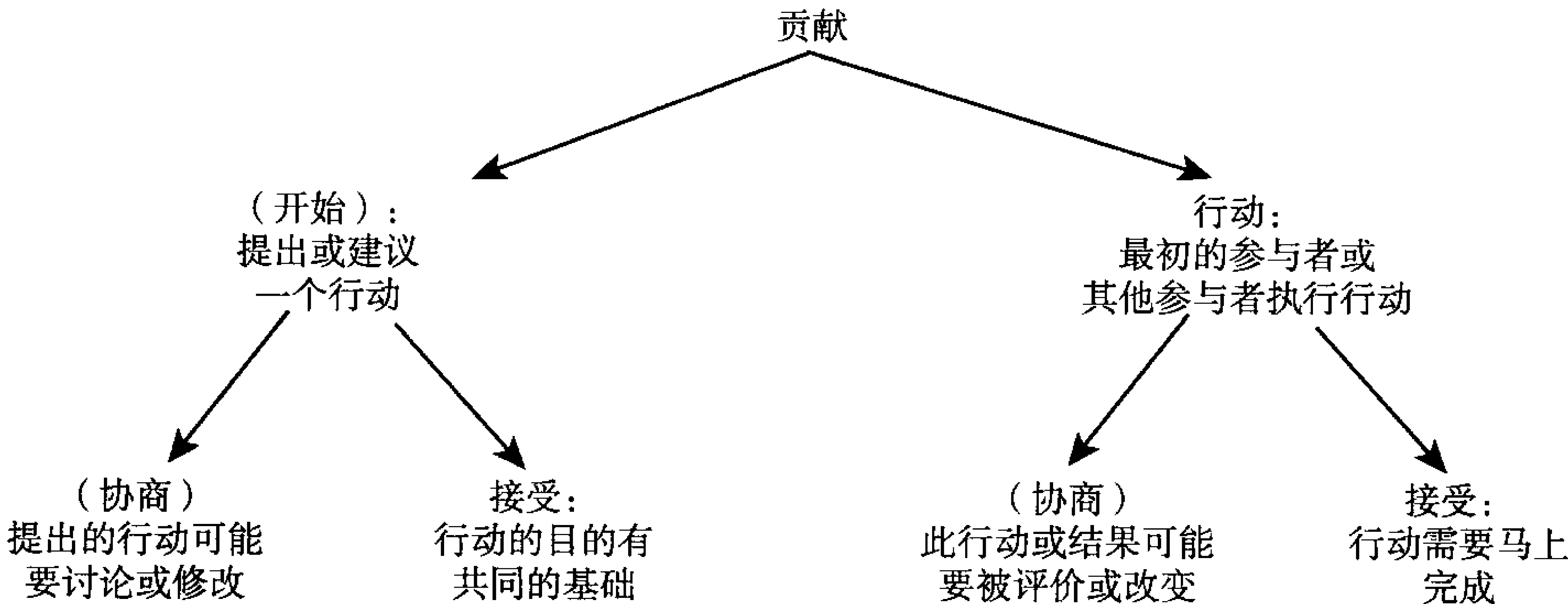


图 6.1　协商架构

图 6.1 提供了一种思维方式、一种在各个水平表征交互参与方式的方法。此外，还可以根据此图确定在群体或团体实践中作出贡献的一般模式，例如，课堂实践在鼓励提出问题和事件上的程度不同（Engle & Conant，2002），解决差异的方式也不同（Ball & Bass，2000；Greeno，2002）。在图 6.1 中，这些与频繁出现的**协商**（negotiate）节点相对应，与有关想法、行动的讨论相一致，与对任务的理解和工作相符。与图 6.1 有关，问题的提出和协调相当于给学生的贡献以鼓励性的反馈，学生的贡献体现在观点、行动和方式上。

参与者结构

实践活动会随着代理在参与者中的分布方式的改变而改变。在群体交互中，个体在群体中的地位会随他人或自身来认定自己的能力、权威和责任，并根据这

些确定在群体结构中的角色定位。不同的定位意味着个体被赋予不同的期望，如期望个体提出一些行动或解释的建议，质疑、挑战其他参与者的建议，指出已解决的某个问题等（正如索耶讨论的“开始—回答—评价”序列，本书；以及课堂话语交互的其他模式，如重新表达（revoicing），O'Connor & Michaels，1996）。

涉及其他参与者的定位包括授权和期望，如希望个体发起话题或问题，为行动作出声明和建议，质疑和挑战其他的声明和建议，等等。关于学科问题领域的定位已经被皮克林（Pickering，1995）概括为一系列的代理，包括材料的代理，学科的代理，以及概念的代理。当个体或群体与学科问题发生建设性的交互时，比如解释意义、阐明问题、选择和改编方法、设计仪器等，就会涉及概念的代理；当系统（例如一个实验仪器）测定某个行动的结果时，就会涉及材料的代理；当利用已建立的方法，诸如算法或实验程序来测定一个行动的结果时，就会涉及学科的代理。学校活动常常借助于少量的概念代理来给学生定位，更多的是教他们如何正确地执行算法（学科的代理）或者利用仪器来获取大家所知道的经验、结果（材料的代理）。建构主义教育者强调的让学生在真实实践中进行知识建构就是要给予学生一些概念的代理。

参与者之间的结盟依赖于个体参与方式在理解和表现上如何不同。情境化分析也需要研究参与者在活动事件中的参与者结构，特别是对个体进行角色定位的方式，例如个体是否处于主动位置上、是否质疑或挑战他人的建议和声明、是否注意并加入到群体活动中，等等。

随着时间的推移，个体参与到群体或团体中，通常会形成自己和他人期待的个性化的交互方式。群体中由个体和其他人共同建构（coconstructed）起来的个性化模式使得人们在活动系统中的地位具有同一性。群体中个体的定位既可以从群体中其他参与者来理解——他/她在参与结构中的个性化定位，也可以从群体活动中的学科问题来理解——他/她使用与创建符号结构（semiotic structures）的个性定位，例如，有否使用概念代理。不同个体在班级中的地位是不一样的，例如一些个体与其他人相比，更容易参与到分配的任务中，或者与他人合作并且尝试达到相互的理解，或者参与到与分配的任务无关的社会交互中去（Gresalfi，2004）。当然，个体的参与并非总与他/她的喜好一致。

情境化研究者认为我们生活中的惯例、实践和身份的模式不需要与参与者头脑中的认知表征完全符合。当然，人们的确常常建构惯例和实践的内在表征，并且这些建构和解释在活动中是很关键的，对学习科学来说也是很重要的话题（例如，Hall，1996）。

团体实践

团体和小组的某些实践会（但不是一定）对所讨论的学科问题的内容和相

关的活动都有所限制，实践包括对小组关注领域中知识的界定，对术语的使用和解释，对概念和原理的解释，以及方法的应用。学习共同体会分享判断问题是否值得探讨、解决方法是否有效或优秀之类问题的标准。这些标准很多都是固有的，例如，阐明争论和解释的方法，以及判断问题、信息、证据和结论是否适当、是否是有意义的方法。

情境化视角认为活动系统中的情境对理解学习内容是很重要的。例如，是否承诺成功完成作业（Eckert，1989，1990），对学习活动和知识建构采取积极还是消极的定位，都会影响个体的认同（affiliation）和身份。在校学生非正式群体（乐队、国际象棋俱乐部、派别）连同其他的非正式朋友网，对他们的身份发展至关重要。这些群体有时候会通过对抗学校已有的参与结构来塑造学生的身份，例如鼓励学生参与学校所重视的学术活动。这与督促学生热衷于去参加学校所认定的学术追求一样都会遭到学生的反抗。学生学习的动机有赖于学习活动是否支持他们个人身份持续不断地发展。如果学习环境不支持个人身份，即使学习者设法保持足够长的注意力完成课堂活动，他们也不会深入地参与（Blumenfeld，Kemplar，& Krajcik，本书）。

案例：学习的课堂实践研究

为了阐明学习科学家如何利用情境化视角来研究实践中的学习，我将介绍一个研究案例：霍尔和鲁宾（Hall & Rubin，1998）关于表征实践是如何在课堂中建立起来的分析。他们论述了实践如何起源于个体的工作，如何拓展到学生小组，又如何向班级传播。他们的分析说明了为什么学习使用和理解表征形式应被视为社会交互活动的成果。

90

教师玛格达莱妮·兰珀特（Magdalene Lampert）发展且创新了面向实践的教学方法，并且考察了她几年的教学过程（例如，1990，2001）。兰珀特常常让学生以4人或5人为一组，讨论具有挑战性的问题。每一个学生都记日志，在日志里他们记录问题的解决方法和解释。霍尔和鲁宾（Hall & Rubin，1998）分析了一些课堂活动的视频录像带片段，课堂活动中包括距离、时间和运动速度的数学。他们分析一些正在发展中的事件和表征实践，他们称这种表征实践为**旅行线路**。“旅行线路”通过沿着线路给单元做标记的方法来表现两个量——时间和距离，在线路的上面用距离标注，在线路的下面用对应的时间标注。此序列以学生埃莉（Ellie）发起某个问题的帮助请求作为开始。兰珀特让另一个学生卡里姆（Karim）向埃莉解释为什么要用乘法来解决这个问题，（教师知道）卡里姆在自己日志的解释中已经使用了“旅行线路”。然后，兰珀特让卡里姆向全班解释此问题的方法，并将卡里姆的贡献作为学生小组合作的一个例子。在卡里姆的陈述之后，兰珀特也让埃莉向全班解释这种方法，以确认班级中大部分的同学都了解

了这种方法。通过将解释的角色赋予卡里姆，让他成为对埃莉和全班的解释者，并且让埃莉提出她自己的解释，兰珀特将这个方法作为行动的成果，学生在行动中发生了有意义的概念代理。

霍尔和鲁宾（Hall & Rubin，1998）区分了三种层次的活动：私人活动（写日志）、局部活动（小组讨论）以及公共活动（整个班级的陈述和讨论）。他们识别了一些交互行为，在这些交互行为里，旅行线路的表征实践扮演了一个重要的角色：它是班级中问题解决和相互意义建构的方法。学习科学的研究通常检验表征形式作为协作意义建构和推理资源的作用，以及学生在他们共同活动中发展自身理解的方法（Sawyer，本书）。

实例：学习环境的研究

为了阐明学习环境中的情境化研究，我将描述由纳塞西安等人（Nersessian et al.，2003；Nersessian，2005）进行的一个研究。她们最近将这个研究扩展到对学习更明确的关注——随着时间的推移，伴随着理解的不断深化，试验小组是如何发展的。这些研究者发现，将科学实验室看作一个发展的分布式认知系统来研究其中的活动是非常有用的。例如纳塞西安等人（Nersessian et al.，2003）对一个尝试发展人造血管的生物工程实验室里进行的学习的几个方面作出了情境化的描述：人工制品和方法的演化、个体间关系的演化、个体与人工制品之间关系的演化。

生物医学工程是一个新的交叉学科，在生物医学工程中，新的知识和实践不断地形成，而且研究者经常在问题解决活动期间进行学习。实验室小组成员包括在校大学生、博士、博士后，所有参与者都在活动系统中不断地学习与参与。此小组设计构建了大量实验室使用的器材，并常常在实践期间进一步完善器材，不仅仅是人，就连工具也随着时间的推移在发展。

纳塞西安等人（Nersessian et al.，2003）发现，为了了解实验室中问题是怎样解决的，他们不得不将传统认知科学对“问题空间”和“心理表征”的观念扩展到考虑认知在实验室人员和技术中的分布上——这是情境化研究的显著特征。这个问题空间包含模型、人造制品和一系列的活动，在活动中以模拟模型为基础的推理扮演着重要的角色（Lehrer & Schauble，本书）。实验室中问题解决过程分布在包括研究者和他们所使用的认知制品在内的整个认知系统之中（Hutchins，1995a）。 91

纳塞斯安等人（Nersessian et al.，2003）使用整合的策略，既对问题和生物医学研究者使用模型进行了认知分析，同时也对情境化活动、工具以及在实验室活动中的使用方法进行民族志分析。严谨的民族志分析法使得他们可以识别活动系统中临时、短暂的安排——实验室的日常工作、工作空间的组织、使用的文化

制品以及小组成员的社会组织。认知分析则使他们获知当评价和修订问题的定义、修正某一现象的模型，或是他们的观念发生变化时，个体间的关系如何跟着发生变化（常常涉及使用技术制品）。

因为不能利用活体来测试人造血管，所以建模对这个工作来说就显得至关重要。研究者要设计工作模型用以试验。对模型每一次的反复运作都体现了实验室对人体特性和行为的集体理解。例如，**流动环**(flow loop）是一个能够模仿血管内细胞所承受的减应力的装置。流动环出现在资深科学家的研究中，在研究者当中代代相传，让每个研究者都能将研究建立在他人研究的基础之上，好比在基于模型推理的服务下进行再设计。一旦建立起流动环，测试流体将能够创造和真实血管相同类型的机械压力。但因为模型是一个机械系统，它的设计会受到工程学的制约，常常要求对被模仿的生物学系统的对象进行简化和理想化。例如，在身体中，动脉壁的运动是对动脉血流动的回应，但在被称为生物反应器的流动环仿真中，虽然脉动会在动脉壁产生的压力下发生改变，但实际上液体并没有流动。

在科学实验室里，协作常常以机械模型、图表和草图等外部表征作为中介。在这个实验室，仪器是小组集体知识的外部表征。在模型基础上的推理是一个分布式现象，包含研究者内部的心理模型、仪器中的外部模型以及其他模型。

情境化分析关注实验室里认知的分布性质，将它视为一个包含多个个体使用技术共同创造与修改的过程。从情境化视角来看活动系统，学习是随个体之间及个体与制品之间的交互而逐渐转变的。例如，实验室的新成员第一次接触某个设备，如生物反应器，会认为它的设计是固定的、完善的。但当他们对这些设备进行操作时，很快发现了许多问题：管子泄漏了、缝合处不能复原、蓄水池溢出、抽水机发生故障。新成员很快明白，实验室里的每一个人，包括最富有经验的老前辈，都要常常尽力使这些设备正常工作，改良这些设备。新成员的学习是一个过程，从一开始明白某些设备暂时的、变化的性质，到后来与这些设备建立起关系，纳塞西安等人（Nersessian et al.，2003）称之为**认知伙伴关系**(cognitive partnerships)。

92

结论

情境化视角认为学习环境是活动系统，学习者在活动系统中与环境中的其他人，以及物质、信息与概念资源相互作用。情境化视角是理解人类行为的两个重要科学观点——认知科学和交互研究——的整合，它汲取了这两者之长处，以期更好地理解学习是怎样发生的以及如何设计学习环境。

情境化只是一般的科学观点，并没有说应该采纳什么样的教育实践。尽管如此，情境化视角很适合分析交互行为的过程以及学习环境中的学习，因此被很多教育革新者推荐——这对传统的“传输—获得”教学类型是一个重大突破，它

面向协作程度更高、更主动、以探究为导向的课堂。

情境化视角关注活动系统，重视在不同学习环境中发生的活动，这不仅仅因为它们在教授内容知识的有效性方面存在差异，还因为参与实践才是学生学习的核心。如果教育的目标是让学生学习探究和意义建构的实践，那么学习环境必须给他们提供参与实践的机会。情境化视角在很多学习科学研究计划中得到了论证，例如数学课堂，学生在数学课堂中参与定义的发展、推测、陈述和争论（例如，Ball & Bass，2000；Boaler，2002；Fawcett，1938；Lampert，2001；Moses & Cobb，2001；Schoenfeld，1994；Schwartz，Yarushalmy & Wilson，1993）。在科学课堂中，学生发展、评价科学（Brown & Campione，1994；Goldman，1996；Hatano & Inagaki，1991；Reiner，Pea，& Shulman，1995）与社会研究（Collins，Hawkins & Carver，1991；Scardamalia，Bereiter & Lamon，1994）中的假设和论证。

杜威（例如，Dewey，1910/1978）提倡，情境化实践也一直为学习科学研究和实践所关注。促进这些实践的活动可以鼓励学生参与到诸如概念探究、解决有意义问题的技能使用的过程中去，而概念探究、解决有意义问题的技能使用都是真实项目的一部分（Krajcik & Blumenfeld，本书）。学习环境包含活动，例如对推测、结论、争论的阐明和评价。在面向参与者的实践中，组织课堂讨论不仅是为了鼓励学生对内容的学习，也是为了帮助他们学习如何组织这样的讨论。学生学习内容的同时，也学习了如何参与到协作探究，以及如何使用学科的概念和方法来解决真实问题。他们学习表征系统，不仅仅为了表达某个信息，还为了当他们提出和共享领域中的问题、假设和论证时，在表征实践中应用它们。学习科学面临的一个挑战就是要推进对学习的理论理解，以便对这些环境中的学习提供更一致的、更明确的诠释，同时为设计有效的资源和实践提供更多有用的指导。在本章，我已经尝试说明情境化视角可能是朝这个目标努力的有价值的资源。

致谢

感谢斯宾塞基金会（Spencer Foundation）对研究和协作的支持。感谢基思·索耶认真的校订，如果没有基思的帮助，有些重要材料是无法获得的。

参考文献

93

Ball, D., & Bass, H. (2000). Making believe: The collective construction of public mathematical knowledge in the elementary classroom. In D. C. Phillips (Ed.), *Constructivism in education, opinions and second opinions on controversial issues, ninety-ninth yearbook of the National Society for the Study of Education* (pp. 193 – 224). Chicago: University of Chicago Press.

Barab, S., Barnett, M., Yamagata-Lynch, L., Squire, K., & Keating, T. (2002). Using activity theory to understand the systemic tensions characterizing a technology-rich introductory astronomy course. *Mind, Culture, and Activity*, 9, 76 – 107

Barron, B. (2003). When smart groups fail. *Journal of the Learning Sciences*, 12, 307 – 360.

Beach, K. (1995). Activity as a mediator of sociocultural change and individual development: The case of school-work transition in Nepal. *Mind, Culture, and Activity*, 2, 285 – 302.

Bellak, A. A., Kliebard, H., Hyman R., & Smith, F. (1966). *Language in the classroom.* New York: Teachers College Press.

Boaler, J. (2002). *Experiencing school mathematics: Traditional and reform approaches to teaching and their impact on student learning, revised and expanded edition.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bowers, J., Cobb, P., & McClain, K. (1999). The evolution of mathematical practices: A case study. *Cognition and Instruction*, 17, 25 – 64.

Brown, A. L., & Campione, J. C. (1994). Guided discovery in a community of learners. In K. McGilly (Ed.) *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 229 – 270). Cambridge, MA: MIT Press/ Bradford.

Cazden, C. B. (1986). Classroom discourse. In M. C. Wittrock (Ed.). *Handbook of research on teaching* (pp. 432 – 463). New York: Macmillan.

Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121 – 152.

Clark, H. H. (1996). *Using language.* Cambridge: Cambridge University Press.

Clark, H. H., & Schaefer, E. (1989). Contributions to discourse. *Cognitive Science*, 13, 19 – 41.

Clark, H. H., & Wilkes-Gibbs (1986). Referring as a collaborative process. *Cognition*, 22, 1 – 39.

Cole, M. (1996). *Cultural psychology: A once and future discipline.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Collins, A., Hawkins, J., & Carver, S. M. (1991). A cognitive apprenticeship for disadvantaged students. In B. Means, C. Chelemer & M. S. Knapp (Eds.), *Teaching advanced skills to at-risk students.* San Francisco: Jossey-Bass.

94 Dewey, J. (1896). The reflex arc concept in psychology. *Psychological Review*, 3, 337 – 370.

Dewey, J. (1978). How we think. In *How we think and selected essays*, 1910 – 1911, *The middle works of John Dewey*, 1899 – 1924, *volume* 6 (Jo Ann Boydston, ed.) (pp. 177 – 356). Carbondale, IL: Southern Illinois University Press (originally published 1910).

Dewey, J. (1958). *Experience and nature.* New York: Dover (original work published 1929).

Dunbar, K. (1995). How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *The nature of insight* (pp. 365 – 395). Cambridge, MA: MIT Press/Bradford.

Eckert, P. (1989). *Jocks and burnouts.* New York: Teachers College Press.

Eckert, P. (1990). Adolescent social categories: Information and science learning. In M. Gardner,

J. G. Greeno, F. Reif, A. H. Schoenfeld, A. diSessa, & E. Stage (Eds.), *Toward a scientific practice of science education* (pp. 203 – 218). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Engeström, Y. (1993). Developmental studies of work as a testbench of activity theory: The case of primary care medical practice. In S. Chaiklin & J. Lave (Eds.), *Understanding practice: Perspectives on activity and context* (pp. 64 – 103). Cambridge: Cambridge University Press.

Engeström, Y. (1999). Activity theory and individual and social transformation. In Y. Engestrtöm, R. Miettinen, & R. -L. Punamaki (Eds.), *Perspectives on activity theory* (pp. 19 – 38). Cambridge: Cambridge University Press.

Engeström, Y. (2001). Expansive learning at work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14, 133 – 156.

Engle, R. A., & Conant, F. R. (2002.) Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: Explaining an emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Instruction.* 20, 399 – 483.

Fawcett, H. P. (1938). *The nature of proof: A description and evaluation of certain procedures used in a senior high school to develop an understanding of the nature of proof, the thirteenth yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics.* New York: Bureau of Publications, Teachers College, Columbia University.

Fujimura, J. H. (1996). *Crafting science: A sociohistory of the quest for the genetics of cancer.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Gibson, J. J. (1979). *An ecological approach to visual perception.* Boston: Houghton Mifflin.

Goldman, S. V. (1996). Mediating microworlds: Collaboration on high school science activities. In T. Koschmann (Ed.), *CSCL: Theory and practice of an emegting paradigm* (pp. 45 – 82). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Goldman, S., & Moschkovich, J. (1995). Environments for collaborating mathematically: The middle-school mathematics through applications project. *CSCL '95 Proceedings.*

Goodwin, C. (1995). Seeing in depth. *Social Studies of Science*, 25, 237 – 274.

Goodwin, C. (1996). Transparent vision. In E. Ochs, E. A. Schegloff & S. A. Thompson (Eds.), *Interaction and grammar* (pp. 370 – 404). Cambridge: Cambridge University Press.

Greeno, J. G. (1995). Understanding concepts in activity. In C. A. Weaver Ⅲ, S. Mannes, & C. R. Fletcher (Eds.), *Discourse comprehension: Essays in honor of Walter Kintsch* (pp. 65 – 96). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Greeno, J. G. (2003, November). A situative perspective on cognition and learning in interaction. Paper presented at a workshop, "Theorizing learning practice," University of Illinois.

Greeno, J. G., & Engle, R. A. (1995). Combining analyses of cognitive processes, meanings, and social participation: Understanding symbolic representation. *Proceedings of the Seventeenth Annual Conference of the Cognitive Science Society, Pittsburgh.*

Greeno, J. G., & the Middle-school Mathematics through Applications Project Group (1998). The situativity of knowing, learning, and research. *American Psychologist*, 53, 5 – 26.

Greeno, J. G., Smith, D. R., & Moore, J. L. (1993). Transfer of situated learning. In

D. K. Detterman & R. K. Sternberg (Eds.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction* (pp. 99 - 167). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Gresalfi, M. S. (2004). *Taking up opportunities to learn: Examining the construction of mathematical identities in middle school classrooms.* Doctoral dissertation, Stanford University.

Hall, R. (1996). Representation as shared activity: Situated cognition and Dewey's cartography of experience. *Journal of the Learning Sciences*, 5, 209 - 238.

95 Hall, R., & Rubin, A. (1998). There's five little notches in here: Dilemmas in teaching and learning the conventional structure of rate. In J. G. Greeno & S. V. Goldman (EDs), *Thinking practices in mathematics and science learning* (pp. 189 - 235). Mahwah NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hatano, G., & Inagaki, K. (1991). Sharing cognition through collective comprehension activity. In L. B. Resnick, J. M. Levine, & S. D. Teasley (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition* (pp. 31 - 348). Washington, DC: American Psychological Association.

Hutchins, E. (1993). Learning to navigate. In S. Chaiklin & J. Lave (Eds.), *Understanding practice: Perspectives on activity and context* (pp. 35 - 63). Cambridge: Cambridge University Press.

Hutchins, E. (1995a). *Cognition in the wild.* Cambridge, MA: MIT Press.

Hutchins, E. (1995b). How a cockpit remembers its speeds. *Cognitive Science*, 19, 265 - 288.

Jordan, G., & Henderson, A. (1995). Interaction analysis: Foundations and practice. *Journal of the Learning Sciences*, 4, 39 - 103.

Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition.* Cambridge: Cambridge University Press.

Kitcher, P. (1993). *The advancement of science.* Oxford: Oxford University Press.

Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674 - 689.

Lampert, M. (1990). When the problem is not the question and the solution is not the answer: Mathematical knowing and teaching: *American Educational Research Journal*, 27, 29 - 64.

Lampert, M. (2001). *Teaching problems and the problems of teaching.* New Haven, CT: University Press.

Latour, B., & Woolgar, S. (1986). *Laboratory life: The construction of scientific facts.* Princeton, NJ: Princeton University Press.

Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics, and culture in everyday life.* Cambridge: Cambridge University Press.

Lave, J., Murtaugh, M., & de la Rosa, O. (1984). The dialectic of arithmetic in grocery shopping. In B. Rogoff & J. Lave (Eds.), *Everyday cognition: Its development in social context* (pp. 67 - 94). Cambridge, MA: Harvard University Press.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated cognition: Legitimate peripheral participation.* Cambridge: Cambridge University Press.

Levinson, S. (1983). *Pragmatics.* Cambridge: Cambridge University Press.

Lewin, K. (1935). *Dynamic theory of personality.* New York: Mcgraw-Hill.

Lewin, K. (1997). Behavior and development as a function of the total situation. In *Resolving social*

conflicts & Field theory in social science (pp. 337 – 381). Washington, DC: American Psychological Association. (Originally published 1946).

Lynch, M. (1985). *Art and artifact in laboratory science: A study of shop work and shop talk in a research laboratory.* London: Routledge and Kegan Paul.

Mead, G. H. (1934). *Mind, self, and society.* Chicago: University of Chicago Press.

Mehan, H. (1979). *Learning lessons.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Moses, R. P., & Cobb, C. E., Jr. (2001). *Radical equations: Math literacy and civil rights.* Boston: Beacon Press.

Nersessian, N. (1984). *Faraday to Einstein: Constructing meaning in scientific theories.* Dordrecht: Martinus Nijhoff/Kluwer.

Nersessian, N. (2002). Maxwell and the "method of physical analogy": Model-based reasoning, generic abstraction, and conceptual change. In D. Malament (Ed.), *Reading natural philosophy: Essays in the history and philosophy of science and mathematics.* Lasalle, IL: Open Court.

Nersessian, N. J (2005) Interpreting scientific and engineering practices: Integrating the cognitive, social and cultural dimensions. In M. Gorman, R. Tweney, D. Gooding, & A. Kincannon (Eds.), *Scientific and technological thinking* (pp. 17 – 56). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Nersessian, N. J., Kurz-Milcke, E., Newstetter, W. C., & Davies, J. (2003). Research laboratories as evolving distributed cognitive systems. In R. Alterman & d. Kirsh (Eds.), *Proceedings of the Twenty-Fifth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 857 – 862). Erlbaum.

Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Nunes, T., Schliemann, A. D., & Carraher, D. W. (1993). *Street mathematics and school mathematics.* Cambridge: Cambridge University Press.

O'Connor, M. C., & Michaels, S. (1996). Shifting participant frameworks: Orchestrating thinking practices in group discussion. In D. Hicks (Ed.), *Discourse, learning, and schooling* (pp. 63 – 103). Cambridge: Cambridge University Press.

Okada, T., & Simon, H. A. (1997) Collaborative discovery ini a scientific domain. *Cognitive Science*, 21, 109 – 146.

Phillips, S. U. (1972). Participant structures and communicative competence: Warm Springs children in community and classroom. In C. B. Cazden, V. P. John, & D. Hymes (Eds.), *Functions of language in the classroom* (pp. 370 – 394). New York: Teachers College Press.

Pickering, A. (1995). *The mangle of practice.* Chicago: University of Chicago Press.

Reed, E. (1996). *Encountering the world: Toward an ecological psychology.* Oxford: Oxford University Press.

Reiner, M., Pea, R. D., & Shulman, D. J. (1995). Impact of simulator-based instruction on diagramming in geometrical optics by introductory physics students. *Journal of science education and technology*, 4, 199 – 226.

Rogoff, B. (1995). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context.* Oxford: Oxford University Press.

96

Rosebery, A. S., Warren, B., & Conant, F. R. (1992). Appropriating scientific discourse: Findings from language minority classrooms. *Journal of the Learning Sciences*, 2, 61 – 94.

Sawyer, K. (2003). *Group creativity: Music, theater, collaboration*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Sawyer, R. K. (2005). *Social emergence: Societies as complex systems*. New York: Cambridge.

Saxe, G. (1990). *Culture and cognitive development: Studies in mathematical understanding*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Scardamalia, M., Bereiter, C., & Lamon, M, (1994). The CSILE project: Trying to bring the classroom into World 3. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 201 – 228). Cambridge, MA: MIT Press/Bradford.

Schegloff, E. A. (1991). Reflections on talk and social structure. In D. Boden & D. H. Zimmerman (Eds.), *Talk and social structure: Studies in ethnomethodology and conversation analysis* (pp. 44 – 70). Berkeley: University of California Press.

Schoenfeld, A. H. (1994). Reflections on doing and teaching mathematics. In A. H. Schoenfeld (Ed.), *Mathematical thinking and problem solving*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Schwartz, D. L. (1995). The emergence of abstract representations in dyad problem solving. *Journal of the Learning Sciences*, 4, 321 – 354.

Schwartz, J. L., Yarushalmy, M., & Wilson, B. (1993). *The Geometric Supposer: What is it a case of?* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Scribner, S. (1984). Studying working intelligence. In B. Rogoff & J. Lave (Eds.), *Everyday cognition: Its development in social context* (pp. 9 – 40). Cambridge, MA: Harvard University Press.

Simon, H. A. (1969). *The sciences of the artificial*. Cambridge, MA: MIT Press.

Suchman, L. A. (1985). *Plans and situated action: The problem of human-machine communication*. Cambridge: Cambridge University Press.

Vygotsky, L. (1987). *The collected works of L. S. Vygotsky, volume 1: Problems of general psychology*. (R. W. Rieber & A. S. Carton, Eds.). New York: Plenum.

Waterman, M. W. (2004). *The joint achievement of group expertise and autonomy*. Doctoral dissertation, Stanford University.

第7章

知识建构

——理论、教学和技术

97

马琳·斯卡达玛莉亚，卡尔·巴雷特

在学习科学中，深层学习和知识进展过程有着本质的相似性。在20世纪60年代，探索这种相似性的努力推动了发现学习、导向学习、探究学习和《科学：一个过程流派》（American Association for the Advancenent of Science，1967）的进一步发展。基于这些最初的研究，学者们对知识进展过程已经知晓甚多，仅列举一下关键字就能看出自20世纪60年代以来这些思想的重要性和多样性：托马斯·库恩（Thomas Kuhn）、伊·拉卡托斯（Imre Lakatos）、科学社会学、“科学大战”（Science Wars）、社会建构主义、图式理论（schema theory）心理模式、情境认知、解释连贯性（explanatory coherence）、修辞学转向（rhetorical turn）、实践共同体、模因论（memetics）、联结主义（connectionism）、突现（emergence）和自我组织理论（self-organization）。随着其中某些内容的发展，教育的方法也发生了转变，如：更多地关注集体而非个体的探讨；经验法则的假设本质更加受到注意；争论已经成为一些研究方法的重要部分。但这一新的“元认知”（knowledge of knowledge）对教育有更多的启示：我们正处于一个创造知识的文化中。越来越多的知识团体（Stehr，1994）正携手合作，努力开拓知识的新领域。我们认为持续的知识进展是各种社会发展和解决社会问题的关键。从这点看，教育最基本的任务就是帮助年轻人融入知识创造的文明中，并帮助他们找到在其中的位置。在这个挑战下，如果没有完全抓住要点的话，注重知识传授的传统教育实践以及对新的建构主义方法的研究范围就会受到限制。

正如本章所述，知识建构尝试以最基础的方式重塑教育，并相应地试图将学生引入一个创造知识的文化中。也就是说，知识建构的过程不仅发展了学生的知识建构能力，同时也让他们认识到自身和自己的努力也是人类开拓知识领域工作的一部分。在这种背景下，互联网扮演的角色已经远远不止是个人图书馆或是快速的邮件发送系统，而是为学生提供了一套与人类文化知识建构建立联系的且真实可行的方式，而课堂仅是人类文化知识建构的一部分。

98

从对同班同学的作业五等级的评论中概括得出，知识建构方法的显著特点是"孟德尔（Mendel）继续了卡伦（Karen）的研究问题"（指的是格雷戈尔·孟德尔，19世纪伟大的生物学家），而不是"卡伦重新发现孟德尔"或者"卡伦应该从孟德尔著作中找到问题的答案"。这种评论与直接认为卡伦的工作是格雷戈尔·孟德尔工作的延续的说法，不是同一回事。而且，孟德尔的工作帮助了卡伦和其他人推动他们的集体事业。根据我们的经验，学生通常乐于从事与前人研究相关的探究，他们不会畏惧权威，相反，他们会认为自己的工作是合理的，因此，这一问题引起了受人尊敬的科学家、学者和思想家的注意。

在这一章中，我们详述从将学生看成学习者或探究者到将他们看成知识建构社区的成员这一转变中隐含的六个主题。这些主题是：

- 知识进步（advancement）作为共同体而不是个人的成果；
- 知识进步是观念的更新，而不是通向正确或者合理的信念的过程；
- 知晓（knowledge of）与了解（knowledge about）的比较；
- 合作解决问题的方式是会话而不是争论（argument）；
- 建设性地使用权威信息；
- 理解是一个认知突现的过程。

知识建构作为一种教育方法，其重要优点就是它很直接地强调当前应该重视知识创造和革新。这被大多数的建构主义方法所忽视，尽管它们身处知识建构活动的中心。

共同体知识增长

每一个发展性学科中，人们都会定期审视本领域知识或"技艺的状态"。不同的审视者会为不同状态的知识提供不同的描述；这种不一致引发的争论本身可能有助于推进知识的进步。但是并非在这个领域的任何人，或者说一般人都能掌握或者了解知识的状态，即使是其中的有识之士也未必能知晓，除非整合集体的意见（collective sense）。从根本上说，描述知识的状态并不是去探究人的头脑中有些什么，如果我们研究史前时代，用考古证据就可以陈述在某一时间某个国家和文明的知识状态，而并不需要知晓任何个人以及他们的想法或认识。

对"技艺的状态"进行回顾的隐含设想是，某个领域的知识不仅仅是累积的，而且是不断进步的。运动的物体有其自身的内隐性信息，它包含新信息、前沿思想、遗弃或遗留的问题、反证或过时的思想。无论共同体的界定是广义的还是狭义的，我们认为知识创新工作就是推动知识实践共同体创新的工作。

知识构建的教学基于这样的前提，即知识创新工作可以真实地发生在教室

99

中——知识创新工作不是效仿学者或设计师的工作，而是实质性地在课堂、社区以及更大的社会情境中推进知识创新的活动。这是一种与当前教育实践过于重视

学生个体的做法截然不同的视角，在传统视角中将知识状态视为一种或多种心智状态的聚合（aggregate）的理念似乎毫无意义。然而在知识创新的组织里它却有意义。人们引以为荣的不是头脑里面有什么，而是他们为团体或者社会的知识作出的贡献。

知识建构的一个要素是“认知制品”（epistemic artifacts）的创造，该制品用来进一步增进知识（Sterelny，2005）。它们可以是单纯的概念制品（Bereiter，2002），如理论和抽象的模型，也可以是“认知的事物”（epistemic things）（Rheinberger，1997），例如具体模型和实验设置。在教育中认知制品特别重要，初始知识的主要用途是创造更多的知识。当我们讲到要学生投入到“对共同体有价值的知识创新和进步”中时（Scardamalia & Bereiter，2003），这一做法的主要价值就是提供认知制品——即认知的前馈效应（feedforward effect），新知识涌现并加速更新知识的产生。在这里，不能用是否与已接受的知识相吻合来评价学生创建的理论与模式，而应该关注将它们作为工具促进更多知识增长的潜在价值。

观念更新

工程师和设计师认为不存在最终的完美状态（Petroski，1996）。科技进步带来了亟待解决的新问题，也为其进一步提高带来了新的可能性，这样便永无止境。但仍有不少人认为知识的演进存在终点（虽然也许永远达不到），有些问题确实如此，如宇宙究竟是如何起源的，等等。但总是可以从理论问题和历史知识中提出新的问题，产生新的可能性，就像技术的进步。除了疾病控制等少数领域，衡量进步的方法通常是与开始状态相比，而不是通过与预定终点还有多远来衡量。

尽管尚未在教育评价中普遍采用，“进步”作为考核个人绩效的标准，已为人共悉，但进步作为衡量知识本身的标准几乎闻所未闻。这里有一个实例可以说明它应用于学习情境同样有意义。在分析了五/六年级知识论坛数据库后发现，大多数学生一开始都认为引力是物体的内部属性，而不是物质之间的关系（如：Chi，Slotta，& deLeeuw，1994）。在学了一个单元的引力之后，大多数学生依然这样认为。因此，通过衡量离教学目标——即让学生明白引力是两种物质之间的关系——的差距来评价学生，进展甚微。不过，比较学生在单元结束时写的有关引力的作业，我们明显感知到学生的意识发生了改变。学生不再理所当然地坚持自己的看法，而是意识到还有其他概念，虽然他们现在还没能掌握。有的学生意识到，引力是无处不在的，而不仅仅存在于大的物体之中。有一个学生写道：“我们想知道，我们也是一个物体，但是为什么比我们小的灰尘或者物体没有被我们吸引呢？……我们比一张被撕碎的小纸片要大很多，但是你看不出纸在房间

里绕着我们飞甚至连靠近一点也没有。为什么?”

我们注意到在另一个五/六年级的班里学习生物进化时也有类似模式。自然选择并没被视为生物进化关键的解释性概念,尽管他们也越来越认为它与进化有关。更明显的是越来越多的人认为存在着特定的进化机制,而不仅仅像是适者生存这么简单——这是奥尔森(Ohlsson,1991)发现的大学本科生普遍持有的观点。

100 在知识构建中,观念更新要有明确的原则,可以指导一些学生和老师的工作,而不是潜藏于探究或学习活动中(Scardamalia,2002)。直接追求理念能将教学中的知识创新工作提升至专业水平。产生想法似乎对普通人,尤其是儿童来说,是很自然的过程,但通过持续努力更新观念的过程却不同。我们相信,要培训学者、科学家、设计师进行一个观念更新工作,部署十分关键,因为没有它很难取得富有成就的事业。

既然观念更新就是向真理逼近,那么我们就需要采取一种相对主义的、反基础主义的、极端社会建构主义的知识观。但是,我们要说明的是,你不必在这个问题上选择立场,只要你以观念更新作为核心原则即可。你可以认为真理预先存在,而观念更新是逼近真理(尽管缺少关联)的唯一方法,或者你可以认为,到达真理只是理论上经历了成功的发展进程。而这必须要有一种工作前提,即观念是可以更新的,或者说,在某种程度上,观念也是非常有趣的想法。

致力于观念更新的教育计划需要留出反复思考的时间。理论上来说,反复思考然后加以改进的过程是无止境的,但实践中,决定是继续还是转移到另一个主题,要考虑当前进度、需求和机遇等因素。理想情况下(虽然在分级学校系统中存有困难),学生应该能够在稍后的时间甚至数年后进行一系列的探索。比如小学生学习电流的时候,往往形成一种良好的对电流的定性认识:电流、电阻、导体。他们可能会构想、探测一些有趣的假设:为什么有些物质可以导电,而有些却明显不行。但是他们很难掌握电流到底是什么。相反,在高中理科重新学习电流时,他们可以用更复杂的概念重新考虑他们先前的猜测。电子媒介使这种持续学习在技术上实现成为可能,使学校能够将知识建构和学科知识进步紧密结合起来。

知识建构的课堂中,学生的鲜明特点就是具有认识论的(epistemological)意识。一般课堂中,学生在问到学习效果时往往会说他们学得越多,有待继续学习的内容就越少(这种观点与指导他们学习的封闭课程相吻合)。而知识建构课堂中的学生,则完全不同,如一个四年级学生说:“通过研究(某个问题),你会发现更多你想研究的东西,这样你就知道还有很多事情你不知道,因此,你知道了这么多(手势:小圈),就会发现还有这么多是你不知道的(手势:大圈)。等你知道了这么多时(动作:较大圈),又会发现还有这么多(动作:更大的圈子)是你不知道的,这样就无限循环下去。”

知晓与了解的对比

20世纪70年代以来，认知科学家们主要关注两大类知识：陈述性知识和程序性知识（Anderson，1980）。现在，这种区分普遍存在于认知的相关文献和偏向认知科学的教育心理学教科书中。对陈述性知识和程序性知识的区分在基于规则的计算机模拟中是适用的，但在教育和知识创造领域中的应用却值得商榷（Bereiter，2002，第五章）。从实用的角度来看，更为有用的分类是对比对事物的**了解**（knowledge about）与**知晓**（knowledge of）。例如，关于跳伞运动的**了解**包括当你被问及对跳伞运动的了解时能想起的所有陈述性知识。这种**了解**能方便和充分地表征到概念网络中。然而，关于跳伞运动的**知晓**则暗含了完成或参加这项运动的能力，它既包括程序性知识（如知道如何打开降落伞和引导其下降），也包括参加这项运动所需的陈述性知识（例如：关于设备特点、维修要求以及特殊项目的规则）。**知晓**不仅包括那些显性知识，而且包括那些没有直接表述而需要推断的隐性知识（见 Bransford et al.，本书），当**知晓**在应用中需要时它就会被激活。**了解**等同于陈述性知识，而**知晓**是一个比程序性知识更宽泛的概念。

了解支配着传统的教育实践，它是教科书、课程指南、主题测试、典型学校“工程”和“研究”论文的基本内容。相比之下，**知晓**却受到冷落和忽视。虽然技能（程序性知识）也可以传授，但却不能用理解的方式来整合，无法验证这样的说法：“亚历克莎（Alexa）有深厚的算术**知晓**”，或者在化学、股票市场或其他方面有深厚**知晓**。**了解**也不是完全没用，但它的用处仅局限于某些撇开技能与理解的场合。这种情况大多限于社交闲谈、益智问答游戏、智力竞赛节目，还有一个大用处——考试。

要使知识在上述场合之外也有用，知识就必须围绕着问题而不是主题来组织（Bereiter，1992）。当然，主题和问题经常同时出现，但在最有趣的情况中并非如此——例如，当与问题有关的知识通过深层的内在机制而不是表面相似性建立联系时，两者并非同时出现。这种联系对于发明创造、建立理论和解决结构不良的问题是很关键的。例如，当学习者在学习飞行时，激活学习者滑水的认识是很有用的，因为它为理解“攻击角度”（angle of attack）这样的抽象概念提供了经验。这种联系通常由教师负责帮助建立，但在课外如果学习者想成功地成为知识建构者的话，他们就必须自己做到这一点。建立起这样的联系就很容易理解一些问题，如为什么伯努利原理不能完全解释飞机能在高空飞行。

在众多理论取向中，教学设计者认为获得**了解**的最好方式是通过问题解决，如基于项目的学习中（Krajcik & Blumenfeld，本书）和探究式学习（Edelson & Reiser，本书）中的驾驶问题（driving questions）。这种迁移的研究使问题变得清楚，然而，这种类推式的迁移所依据的深层结构知识不会在问题解决中自动产生

(Catrambone & Holyoak, 1989)。问题解决的学习环境包括限定情境(context-limited)到一般情境(context-general)的宽广范围(Bereiter & Scardamalia, 2003)。在限定情境的极端情况下,学生的创造性工作被限定在一个具体而狭窄的范围内,以至于他们不能提出一般原理性的问题。因此,课程所需的更多基本知识(如科学原理和因果机制等)通常会以传统的教学方法来传授。这就导致了对促进迁移来说十分有用的深度知识无法与具体的问题建立联系,而只能作为相关原理与机制的知识。而在知识建构中,学生只有在问题中进行学习才能导致深度结构**知晓**的产生。

102

知识建构话语

话语(discourse)在50年前就在学校盛行,直至今天它依然在学校学科教学中占据重要地位,话语是共享知识和提出反对意见的主要方式,包括书面出版物、口头演讲以及之后的问答部分。拉卡托斯(Lakatos, 1976)挑战这种观点,认为话语具有创新作用——推动了观念更新——而不仅仅扮演关键过滤器的角色。最近的科学话语的实证研究支持了拉卡托斯的观点。例如,邓巴(Dunbar, 1997)认为在实验室内部的阐述与用话语或论文呈现的交流完全不同,前者更关注协作与达成共同的理解。面向公众的话语和内部的协作话语在功能上是互补的,所以学科实践者需要熟练运用这两者(Woodruff & Meyer, 1997)。尽管如此,旨在促进理解的协作话语与学习的关联更大一些(Coleman, Brown & Rivkin, 1997)。

协作话语在知识进步中的作用,有人认为很强,有人则认为很弱。认为很弱的一方的理由是**只有面向公众话语时,有关的实证研究或其他的探究才能证明是对共同体的知识建构作了贡献**。这与传统的将话语视为知识共享的观点相吻合。认为很强的一方则认为**在共同体中的公共知识仅存在于共同体的话语中,知识进步只不过是知识建构话语的进步**。就如前文所述,如果共同体中的知识不能存在于个别成员的头脑中,那么它只能在共同体的**话语**之中存在,除此别无他处。认为很弱的一方认为话语只是**反映了**知识的进步,而认为很强的一方则认为如果脱离了话语,则共同体的知识根本无法发展(注意这不是在说明知识是**什么**,而是说明知识在**哪里**)。

不过,两种观点都认为话语中确实包含**知识**(content),尽管不是所有话语形式和过程中都有。话语中的知识可以在建构它的话语场合之外得以描述和评价。因此,将某个话语场合中建构的知识作为对象的元话语(metadiscourse)便有了可能。正如我们设想的那样,知识建构中话语的目标是知识状态的进步,即观念更新。与其他话语的区别在于,它含有一系列的承诺(Bereiter, 1994, 2002):

- 致力于取得**进步**。这是晚宴上的对话或以分享信息或是发表观点为目的的讨论所不具有的；
- 旨在**寻求共同的理解**而不只是达成协议，这就不同于政治性的谈话；
- 旨在**拓展彼此接受的事实基础**，然而，在法院裁决和辩论中，攻击对手事实性的陈述是普遍的。

根据这些标准，目前在学校教育中提倡的争论（argument）与辩论（debate）是有缺陷的。尽管在其他方面有着令人钦佩的地方，它对证据和说服力方面的强调不能解决解释性的共识问题。在课堂中知识建构话语应当更有建设性和积极性（Bereiter et al.，1997）。

建设性地使用权威信息

自从以学生为中心的教育和建构主义教育出现以来，教育者就必须面对权威信息如何使用的问题。一方面，我们不希望学生仅仅接受权威的陈述，用“因为我这么认为”和“因为课本这么说”来回答提问已不再被接受。另一方面，不利用大量的权威信息在这个社会中行不通，即使在反驳权威者时，我们仍需要利用其他的权威信息作为依据。

103

根据知识建构观点，权威观点的问题被削弱了。不同种类的信息，无论是一手的还是二手的，只要对知识建构有用，它便有价值。信息的质量当然很重要，但它的重要性也要随任务而定。有些任务一旦存在设计缺陷就会危及生命（例如设计一种新药或者一个悬浮桥），而且对信息质量的标准要求会比寻常任务的高很多，或者在设计时要考虑采用内置的自动校准（self-corrective）检测功能。评判信息的质量不是独立于知识建构的问题，它是后者的一部分。评判信息的质量同样会涉及争论，但是这种争论将为总体任务的达成提供帮助。

实现的理解

复杂的新概念是如何获得的？个体又是如何“在已有概念体系基础上学习更大的概念体系的”（Fodor，1980，P. 149）？这种“学习悖论”（learning paradox）（Bereiter，1985；Pascual-Leone，1980）给建构主义带来一个基本问题：当学习者建构个体知识时，如何建构一个比他们原有的更为复杂的认知结构？许多文章声称已经解决了这个矛盾，而事实上并没有回答这个基本问题。唯一可靠的方法是假设以某种形式的自组织来解释这个问题（Molenaar & vander Maas，2000；Quartz，1993）。在神经元层次上，自组织是普遍存在的，它定义了各种不同类型的学习（Phillips & Singer，1997）。就像格罗斯伯格（Grossberg，1997，p. 689）所说：“大脑是自组织的器官”。但是，解释概念的发展，需要使用思想

(idea) 层次的自组织——即解释复杂的思想是如何从更简单的思想和知觉对象的交互中产生的。

新的概念结构就如水晶和蚂蚁群体一样，通过简单元素的交互或组合来表征新概念 (Sawyer, 2003)。这种倾向随 20 世纪 80 年代晚期联结主义的诞生而日益明显 (Bereiter, 1991)。有时通过经验的类比，有时通过内在的自组织过程。学习与发展的联结主义模型 (connectionist model) 已从一个概念贫乏的系统发展为概念丰富的系统。联结主义模型是更大级别的动力系统模型的典型，它们都试图以严格的方式解释突现现象 (emergent phenomena)。这种由简单成分交互构成的复杂性突现，从物理化学到社会文化的各个层次上都大量存在 (Sawyer, 2005)。因此，如果说学习是一个矛盾的现象，那么事实上世界任何事情都是这样的。

频繁提及的建构主义原则，"学习者建构自己的知识"，可以用动力系统的

104

术语重新表述为"所有的理解都是创造，创造即突现"。要想把这个论断变成一个不再是空洞的陈述，还存在着两个障碍。第一，依据动力系统，通过解释难以产生理解，也产生不了完整的描述性解释。第二，这也是极少被认识到的，通过动力系统观点之间的交融会产生新的思想，而这种描述在哲学和历史学中比较普遍。这种讨论的本质就是要教学设计者认真对待思想，并将其视为真实事物，它们发生交互会产生新的更复杂的思想。学龄儿童已经显示出他们自己能够理解计算机对自组织的表征并从中受益 (Ranney & Schank, 1998)。

从计算机支持的有意学习到知识建构的环境

尽管目前"知识建构"一词得到广泛的应用 (到 2005 年 7 月有 125 000 个相关网页)，但我们确信其在教育领域的应用却是第一次，并且可以肯定，它绝不仅仅是"主动学习" (active learning) 的一个同义词。从学习的概念中探索开放的知识建构思想已经成为一个革命性的过程，然而，它还在继续。一个折中的观点是有意学习 (intentional learning) (Bereiter & Scardamalia, 1989) 比主动或自我调节学习更丰富，更接近于为达成生活目标 (包括个人学习规划在内) 而进行的学习。这种观点衍生出有意学习的负面影响：学生会设法花最小的精力来应付学校要求的任务 (Brown, Day, & Jones, 1983; Scardamalia & Bereiter, 1987)。在"知识传授"模式的课堂中，学生虽然响应更积极 (Scardamalia, Bereiter, & Steinbach, 1984)，但在做传统的课堂作业时，这种效果就消散了。课堂生活中的许多因素阻碍着学生的有意学习 (Scardamalia & Bereiter, 1996)，但是一个关键因素似乎是课堂交互结构，在那里教师担当了路由器的角色，所有信息必须通过他来传输。改变这种信息过滤形式是我们的一个目标。在我们设计 CSILE (计算机支持的有意学习环境) 时，改变这种信息流向是我们的目的之一。CSILE 最早的原型版本在 1983 年的一门

大学课程中使用，1986年它已经在小学全面应用（Scardamalia，Bereiter，Mclean，Swallow，& Woodruff，1989）。

设计CSILE的另一个动机是学生单独呈现的资源大多数被浪费了，而通过网络技术它们可以发挥作用（Scardamalia & Bereiter，1991）。运用CSILE的课堂实践证明确实如此，且效果超乎我们想象。课堂作为一个共同体，同样也可能有精神生活，这不仅仅是个人精神生活的汇集，还在于它创建了一个更丰富的情境，使个人的精神生活产生新的价值。CSILE重塑了课堂中信息的流向，使问题、观点、批评、建议及诸如此类的东西通过一个公共空间为所有人共同访问，而不需要通过教师或者依赖学生互相传递（如使用电子邮件）。通过链接到这些成果，学生立即得到表征集体智慧（而非个人知识）的超文本环境。在CSILE中我们引入认识论标志（诸如"我的理论"、"我需要理解"、"新信息"等），通过能整合到注释文本中的"思维类型"来鼓励元话语以及那些集中于所调查的基本问题的话语。

20世纪90年代，知识建构观视公共知识的协同建构为主流，而个人学习只作为一个重要而明显的副产品（Scardamalia，Bereiter，& Lamon，1994）。鉴于这种观点，我们对CSILE进行大改版，将其升级为这样的学习环境：能将观点及其相互关系客观化，并支持以观念更新为目的的协同工作。

在科学和学术研究团队中，知识建构过程通常没有特别的技术来支持，因为知识建构已经交织在小组形式的社会组织中，从这个意义上来讲，小组使用的所有技术都是支持知识建构的。如果我们结合前面所讨论的主题来考察一下类似邓巴（Dunbar，1997）所做的成功研究实验，这一点就会非常明显。

- 知识进步是实验室研究的根本目标，因此要明确保持这个目标并不困难；相比之下，学校的目标具有多样性，涉及学生各个不同方面的发展。
- 出版物、演讲邀请函、专利、奖学金等被视为研究领域取得成功的标志，这些最终都依靠观念更新。仅仅重复去年成功的思想是不能作为科学会议的议程的，也不会被授予专利。在学校里则相反，在学习活动或评价中复述已有观念是很普遍的行为。
- 研究领域中的专家了解预测问题领域的深层知晓，而不仅是获得学分的了解。而在学校，了解是评价学生学术成就的基本指标。因此知识建构技术也应当相应地引导"如何"和"为什么"的深入探究，而不是"是什么"和"什么时候"这样的浅层次问题。
- 研究团队里的话语会被调整以适应组织的知识建构目标。关于知识的会话常在公共场合发生。但在课堂中，话语的作用更广，包括从自我陈述到知识复述。通信技术应该帮助话语朝着知识建构的方向前进。
- 对于一个研究机构来说，有效的使用权威信息是非常自然的事情；最初的工作几乎都建立在先前工作的基础上，检验理论的数据除了来自当前研

究，也来自已经公开的先前研究（Bazerman，1985）。在学校里，权威信息通常被认为是需要学的东西。因此，在知识建构过程中使用权威信息需要一个转变，这也需要外部支持。知识建构技术应该促进使用信息，而不仅仅是学习它。获取、记录和存储信息将对知识创新提供辅助功能。

- 对于一个研究团队来说，知识的重要进步大多是突然产生的；这种知识先前并不存在于任何人的心里，也并非简单地从“自然之书”中读到。但是在学校里面，只关注学生获得的已经作为文化的一部分的知识。学生需要认识这种知识，然而，对这种知识的掌握同样是突然发生的，因此，支持学校中知识建构的技术也应该与支持知识创新组织的一样。

CSILE 的第二代叫作知识论坛®。它为共同体（课堂、服务与卫生组织、商业等）提供了知识建构的环境，用以进行社会认知实践——这种实践在早期的知识构成和创新型组织中开展过。这是一种持续的挑战：通过理论的进步和不断发现新问题和机遇的经历，知识论坛经过了不断修订的过程。这一环境支持教育领域中的知识建构，也可以扩展到在更宽泛的非教育领域中使用。

106

知识论坛的独特特点可以通过与类似的主题讨论（threaded discussion）技术对比而获悉，主题讨论技术在万维网上随处可见，同时也为诸如 Blackboard 和 WebCT 这样的教学管理系统所采用。主题讨论的功能类似于群发（一对多）的电子邮件。主题讨论中发送者无法给选定的一个或多个用户单独发送信息，相反，一旦发送者将信息“提交”到讨论区，信息会对所有人都公开。讨论区中的所有提交信息都以时间序列排列，当然，回复的信息是以缩进的形式显示在原始信息的下面。同样，对回复的回复则会进一步被缩进，这样就形成了一个前面提到的“主题”（thread）。和电子邮件一样，主题讨论中的帖子一旦“提交”，就不能修改了。因而它形成了一个向下的树状分支结构（还是按时间顺序的），这是它能形成的唯一信息结构。它没法在更高层次对信息进行组织，既不能对特定信息进行评论，也无法将一个主题中的某条信息与另一主题中的某条信息建立联系，因此，通过交流进行知识建构就受到了限制。事实上，我们的经验是：主题讨论不适合深层探究，但它更适合快速问答和命题——回应（assertion-response exchange）。尽管主题讨论确实为基于共同兴趣的共同体的发展提供了帮助，但它为组织朝共同目标前进提供的技术手段实在有限。而且随着提交信息的增加，屏幕中会出现越来越多不连贯（incoherent）的信息流，以至于论坛管理者只能武断地对主题长度进行限制，或者删除一些时间过久的主题。这样，知识状态逐渐累积的过程很难看出来。

知识论坛的技术根源完全不同于电子邮件。知识论坛是一种多媒体数据库，其设计初衷在于增强共同体成员创建、改进知识和组织的能力。因此，数据库在知识建构的不同阶段也会突然增长。从使用者的角度来看，知识论坛由**注解**和**视图**两部分构成。视图是对注解的组织，它可能是一个概念图、一个图表、一个场

景、任何有助于显示图标（icon）代表的注解的结构与理解的视觉材料。注解又构成了视图，并可以在其中移动以形成新的视图结构，同样的注解可以出现在不同的视图中。图 7.1 中展示了一年级在学习恐龙这一内容时创建的几个不同视图，它们都由相同的注解构成。

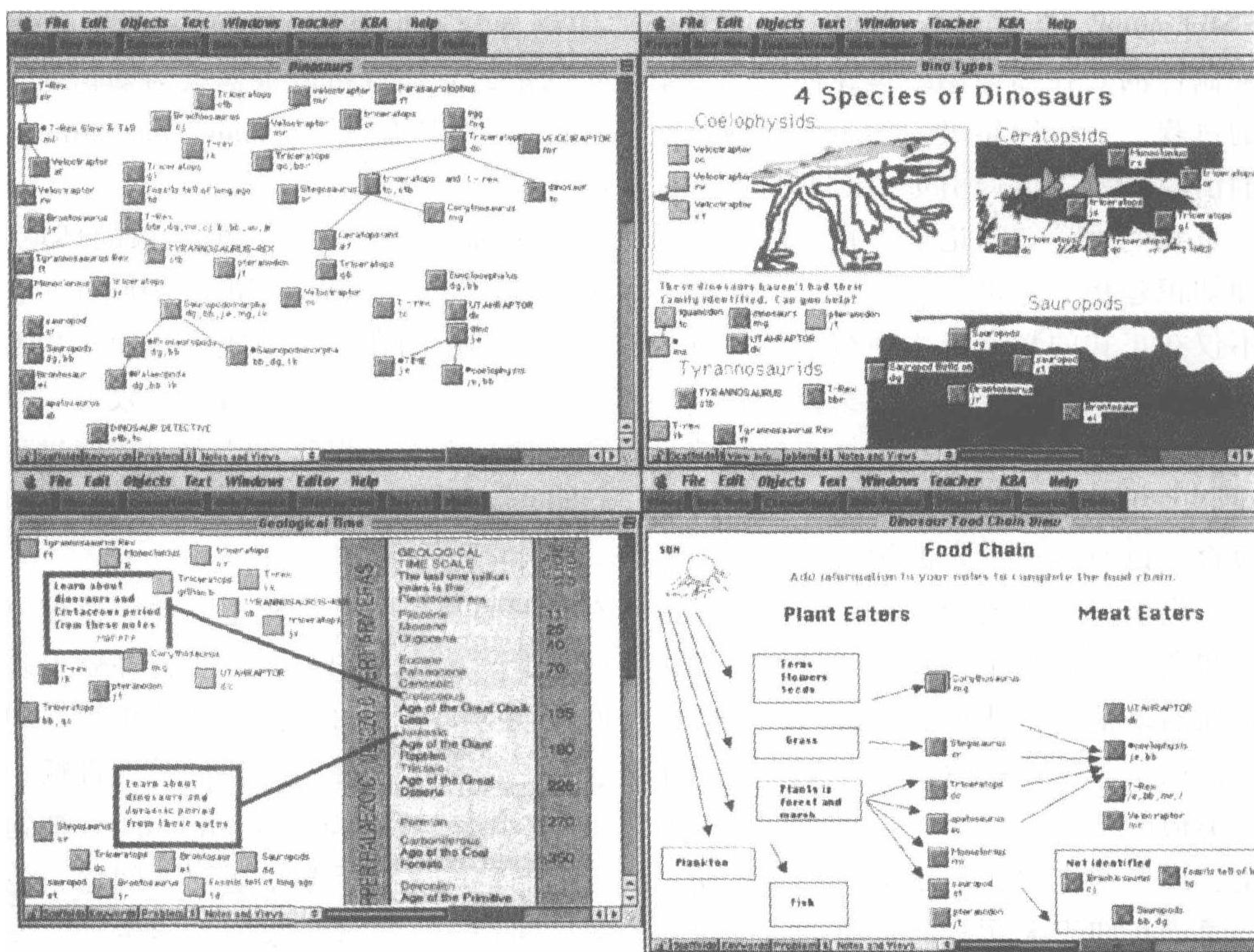


图 7.1　CSILE/知识论坛中由不同团队从多种角度、多种文化（literacies）绘制的关于同一注解的四个不同图形表征

在知识论坛的数据库中，学习者总是可以向下产生更具体的注解、评论或观点，也可以向上产生更概括的注解，或是关于视图的视图，此外，还可以将一个视图链接到另一个视图或是将注解链接到不同的视图。这些注解本身可能包括图标、动画、电影和小应用程序等。

知识论坛会引导自身走向我们称之为认识中介（epistemic agency）的高级状态（Scardamalia，2000）。在许多哲学家眼中，这个术语反映个人对自我信念的责任感（Reed，2001），我们认为其含义更为宽泛：认知中介指人们在知识建构过程中受到的个体的或集体的控制——如目标、策略、资源、结果的评价，等等。学生与课堂外的授权访客（远程辅导者）一样，都可以提出自己的观点。

不同组的学生要为自己的观点负责：使这些观点对整个班级更有用、减少信息冗余的部分，等等。知识论坛为形成促进知识建构的交流提供了“脚手架”（scaffolds）。例如，一系列的理论建构脚手架如“我的理论”、“新信息”、“这个理论解释了”和“这个理论不能解释”。类似的支撑技术已经在其他的合作学习软件中使用过（见 Andriessen，本书；Edelson & Reiser，本书；Linn，本书；Stahl，Koschmann，& Suthers，本书），但他们的使用方式有时甚至包括使用顺序都是强制性的。在知识论坛里，使用脚手架是可选的，它们也可以被修改为知识建构的过程。一位四年级的学生认为他们要做太多“知识陈述”（knowledge telling）的活动，所以他们引进了新的脚手架以便将注意力引向观点。

107

我们设计知识论坛不是作为一个简单工具，而是作为一个知识建构的环境，即知识建构小组可以在其中完成主要工作的虚拟空间（Scardamalia，2003）。它不仅在正式的教育机构中被证明是可行的，而且其作用在其他想成为知识建构型组织的情形下同样得到证实，例如服务和专业组织、教师发展网络以及致力于提高创新能力的商业组织。由于对学校学习和其他高水平知识建构活动的共同过程提供了实用的支持，同一个版本的知识论坛可以不加修改地在从幼儿园到研究生教育，以及专业工作的领域中广泛地使用。

当然，学生使用知识论坛时并非把所有的时间都花在计算机上。他们也读书报和杂志，进行小组和全班讨论，设计并做实验，建构知识，实地研究并做很多其他的事情，以获得更丰富的教育经验，而在线活动对学习提供了辅助作用。知识论坛是开展这些活动的主要场所，而之前这是由教学管理系统、电子公告板以及类似的工具来完成的。在知识论坛中，“知识状态”（status of knowledge）被物化、成形并进化，它是很多离线活动成果汇聚的地方，如果学生遇到了问题，他们通常在知识大厅开辟一块空间来保存和解决问题。一年级结束后，学生到了一个没有知识论坛的课堂后就会问道：“我的观点会怎样？谁会帮我改进它们？”于是二年级的教师决定使用知识论坛，这样学生在一年级时产生的观点得到延续，并且随二年级时产生的新观点而提升。

108

知识建构教学法

知识建构教学法随着技术一起演进，在此过程中对教师改革和学生技能提升也起了作用。斯卡达玛莉亚、巴雷特、休伊特、韦布、梅西纳和瑞夫（Scardamalia，Bereiter，Hewitt，Webb，1996；Messina & Reeve，2004）提出过教学法的两个不同过程，其目标不是要产生一系列的活动结构、程序和规则，而是强调产生一套可以在不同情境中指导教学的可行原则。本章论述的六个主题可以反映出这一点，这在知识建构十二原则（Scardamalia，2002）中表述得更为详尽。但问题是这些原则——不管是被表示成目标、规则、信念、设计参数或是诊断性的

问题——要么被有些人认为太抽象而作用不大，要么被另一些人视为只是复述人们已经做过的事情。来自于师生工作与学习的实例与影片对建构中引起知识建构的兴趣非常有效，它们也有助于显示与正在进行的建构、探究和协作学习情境的不同之处，但结果是对“如何做”的呼声更高。

坚持一个原则而不是一个程序的方法，已经毫无疑问地阻碍了知识的扩展和知识论坛的应用，但是那些已经消化吸收这些原则的教师用其工作的质量与创新显示了这种方法的正确性。每年知识论坛暑期学院（Summer Institute of Knowledge Forum，会议摘要可到 http://ikit.org/summerinstitute.html 查阅）中的无数例子都显示出这一特点。使用基于原则的方法没有预料到的一个好处是学生开始使用知识建构的原则来概括他们的工作。我们已经提到有些学生将他们的工作确认为“知识陈述”（knowledge-telling），这一术语来源于尚未成熟的创作过程的一种认知模式（Scardamalia，Bereitere & Steinbach，1984）。卡斯韦尔和比拉克杰克（Caswell & Bielaczyk，2001）的报告介绍了学生对“观念更新”这一原则的创造性使用。在一所市区小学的另外一个班，被视为多伦多最贫穷的学校的学生已经开始使用诸如认知中介、泛在（pervasive）的知识建构、共同体知识等术语来介绍他们在知识论坛暑期学院中的工作。这些报告显示，较高层次的知识可以为学生们所用。数十年前教育者已经提出了建构主义的观点，他们期望学生开展建构主义的活动，但这些学生却未能知晓隐含其中的建构主义思想，这种内在矛盾在知识建构过程中应该克服。

109

图 7.1 到图 7.6 展示了多伦多和中国香港的小学在知识论坛环境中的知识建构工作。图 7.1 的记录是一至三年级学生提交的关于他们最喜欢的恐龙图表和其他信息。左上方的视图显示的似乎是学生进入他们交流空间的早期记录，这些注释没有用任何特别的方式来排列。在这些最初的信息提交完成后，学生很快就可以发现和自己喜欢同种恐龙（三角恐龙、雷龙等）的同学。除了文字，有些学生已经绘制了图表，还有些想将他们的注释同这些图表联系起来。所以学生们使用这些图表绘制了一个按恐龙的类型来组织的新视图，这种新视图在图 7.1 右上方呈现。

一门大学课程学习中的大学生几乎同时获得访问一至三年级的知识建构会话的权限。大学生在阅读这些注解时发现，在注解中包括了与地质年代有关的资料，他们创建了一个新“地质年代”观，同时以网络为背景，引入了地质时间线图片（见图 7.1 左下角）。然后他们又搜集小学生关于这些地质时代的注解（例如，侏罗纪的），这些信息被添加至“地质年代”时间线中的对应点上。当那些尚未辨清恐龙何时活跃于地球上的小学生看到这个新的视图时，就迅速地扩展了他们的研究，因为注解就在这个新的视图中。

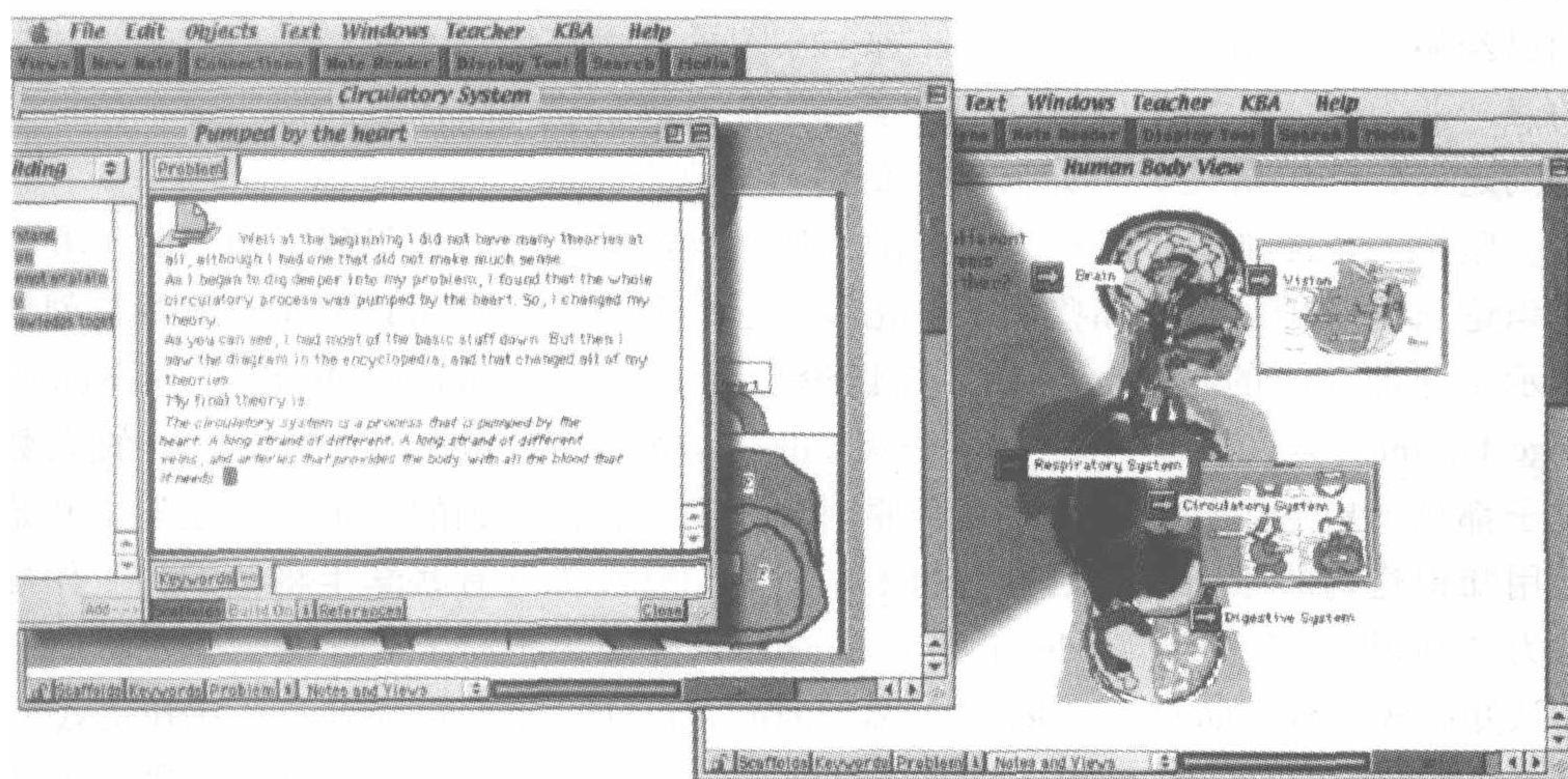


图 7.2　概括式注解（rise-above）窗口和可以不断改善的观点

图 7.1 中的最后一块（右下角的那帧）展示的是这些注解的另一个视图。一位生物学家被邀请参与这个知识建构活动。她在她的办公室登录系统并创建了一个“食物链”视图，指明学生介绍的恐龙哪些是食草的，哪些是食肉的。

图 7.2 是五/六年级学生在知识论坛研究“人体系统”的视图。左边的这幅图显示的是“概括式”（rise-above）注解，这个例子中记录的是一个学生撰写的关于几个月来知识增长的概述。一个概括式注解包含了其他一些已经存在的注解，这些已存在的注解只能通过概括式注解进入。概括式注解同样可以用来综合观点，形成历史清单与归档，减少冗余和对观点进行更高水平的组织。

110

图 7.2 右边部分展示了概括式注解应用于视图（而不是注释）的情况。每个小图都可以链接到小组成员创建的对不同人体系统的独立视图。然后，创建一个更为高级的“人体”视图，将这些独立的视图整合起来，支持一个新的话语——人体各部分如何协同工作。由此可见，视图和注释可以进行“放大或缩小”的操作，鼓励使用者根据关系来思考。

以下几点说明了观点可以不断更新：

- 不断地创建高级概念框架的能力。通过创建超越前面的概括式注解，或是创建内容涵盖更广的有关视图的视图（view-of-views），总能在更复杂的层次来重新定义问题。
- 回顾和修正。注解和视图可以在任何时刻被修正，而不像一些环境中一旦被提交了就无法进行修正。
- 已经发布的注释和视图。同伴评论及其他新发表的主题会使学生参与

到集体编辑的过程中。已经发布的内容会以不同的视觉形式表示，同时在搜索时可以限定只在已发布的内容中查找。

图 7.3 到图 7.6 是来自于多伦多大学儿童研究所的一个案例，显示了一个全校参与的跨年级知识建构项目中创建的序列视图，这个学校的教学融合了知识建构活动，以至于学生都具有丰富的知识建构经验，他们不仅会教新来的教师使用知识论坛建构知识的技术，而且还会帮助他们融入到学校知识建构文化中。 111

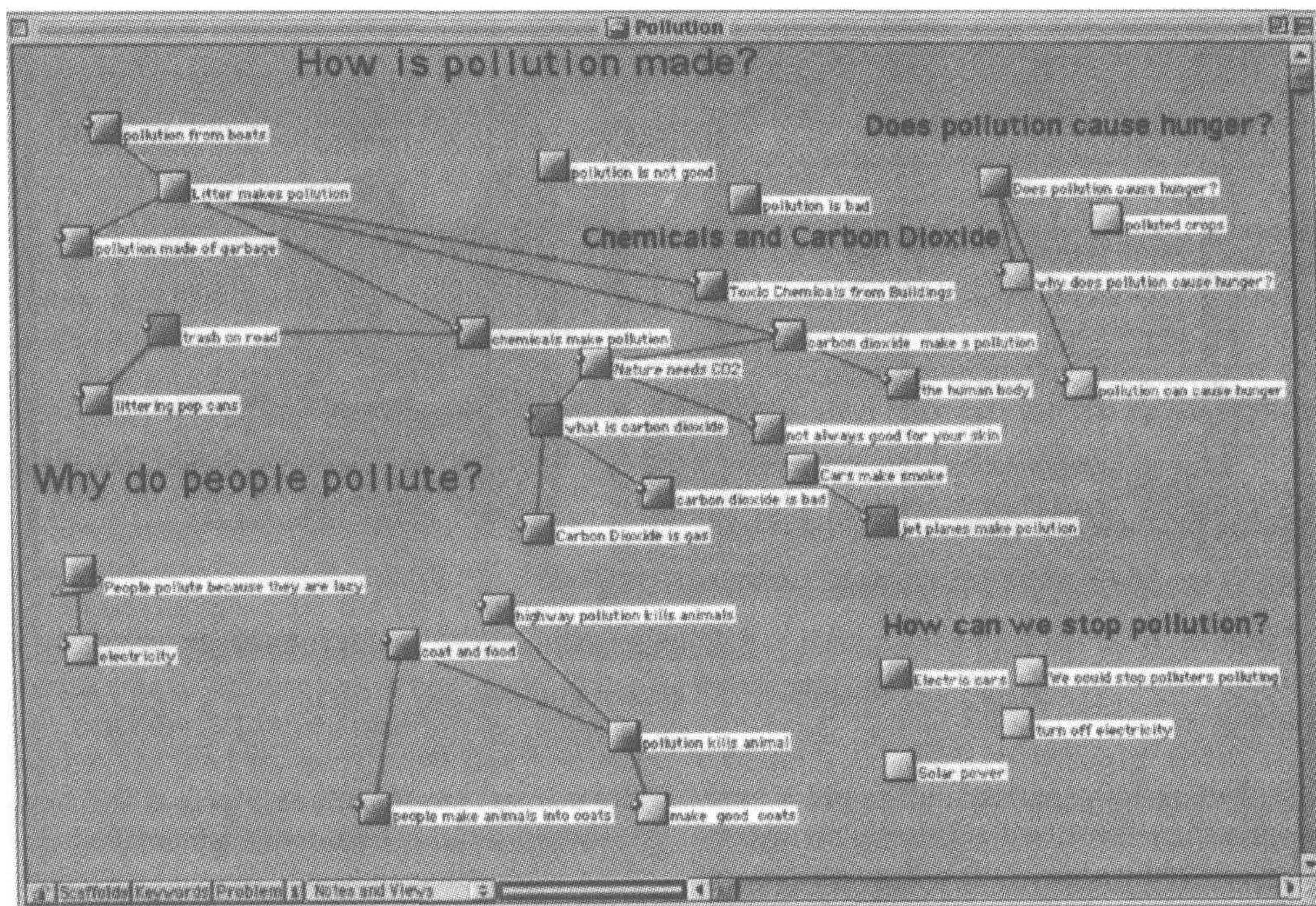


图 7.3　一年级学生研究污染问题的概括式视图和注释

图 7.3 是一个由一年级学生创建的视图，介绍了他们关于污染问题的总体看法。教师报告说："这一年我们在研究生态系统的问题……我们读了报纸、书籍及世界野生动物保护联盟（World Wildlife Federation）的出版物。我们经常遇到和讨论这样一些词汇，如污染、氧气、二氧化碳、化学物质、杀虫剂、危害、威胁等等。" 几个学生形成了同样的理论——污染是由懒惰产生的——并且左下角概括式注解（底下有页面图标的那个图标）被用来将这些理论组合为一个注解。到三年级（参见图 7.4）学生参与到更复杂的概括活动中，并通过视图的概括式注解来表达整体观点。这个视图本身呈现了整个班级活动的概况，其中左边下方标注"知识进展"的部分提供了一个更高层次的概括，并链接到相关的视图，在这里有一个标注了"火山"。图 7.5 视图中的几个注解介绍火山，由一些地表 112

特征开始，继而从“问题理解”的焦点转至试图探索地表以下究竟发生了什么。通过图 7.6，我们可以看到由多伦多五至六年级学生和中国香港一所公立学校（隶属香港大学研究生协会）的学生共同创建的有关视图的视图，他们共同设计了这个视图以识别他们遇到的大问题，并用来组织他们协作学习。

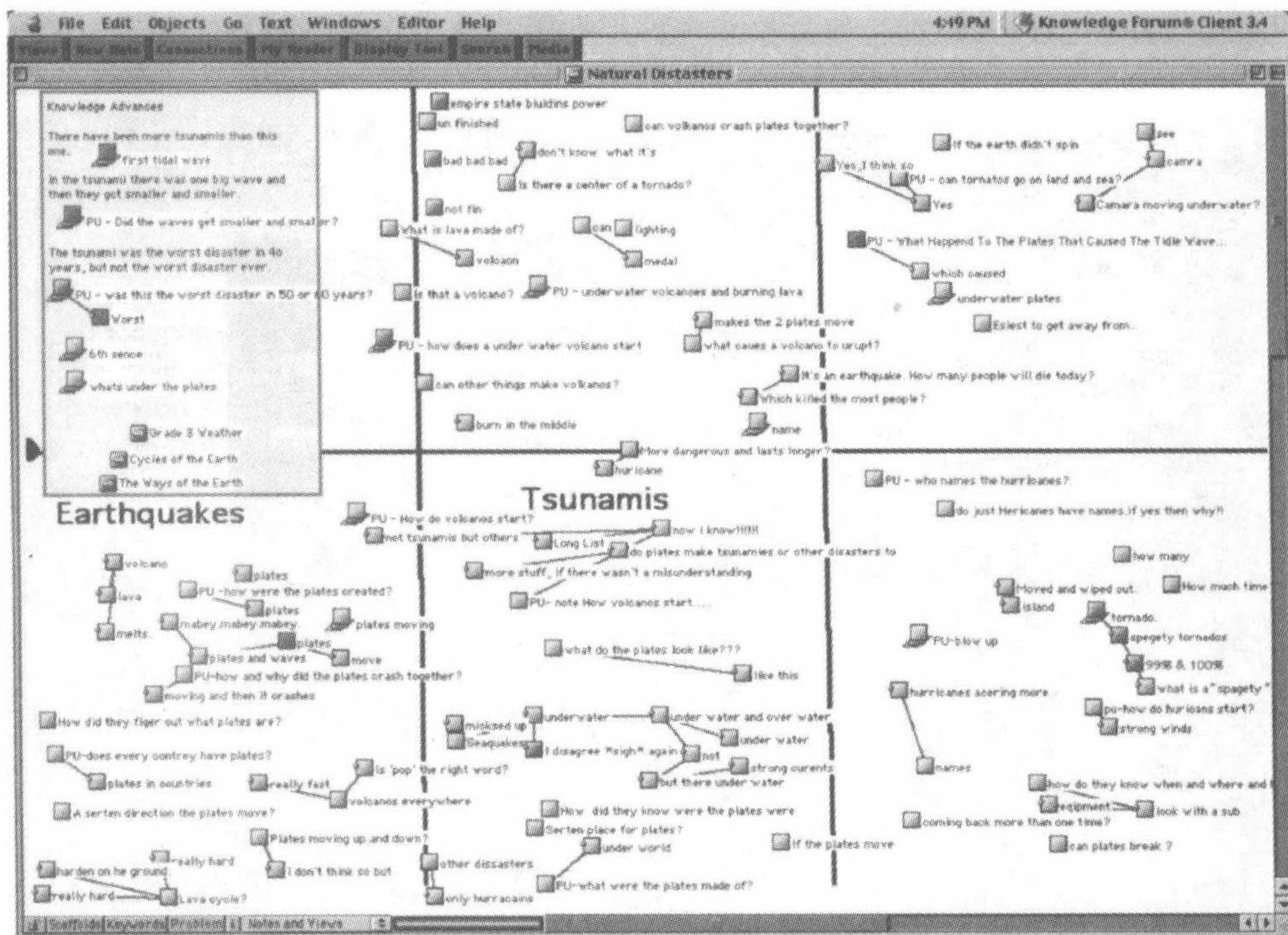


图 7.4　三年级学生研究自然灾害问题的生长性视图和注解

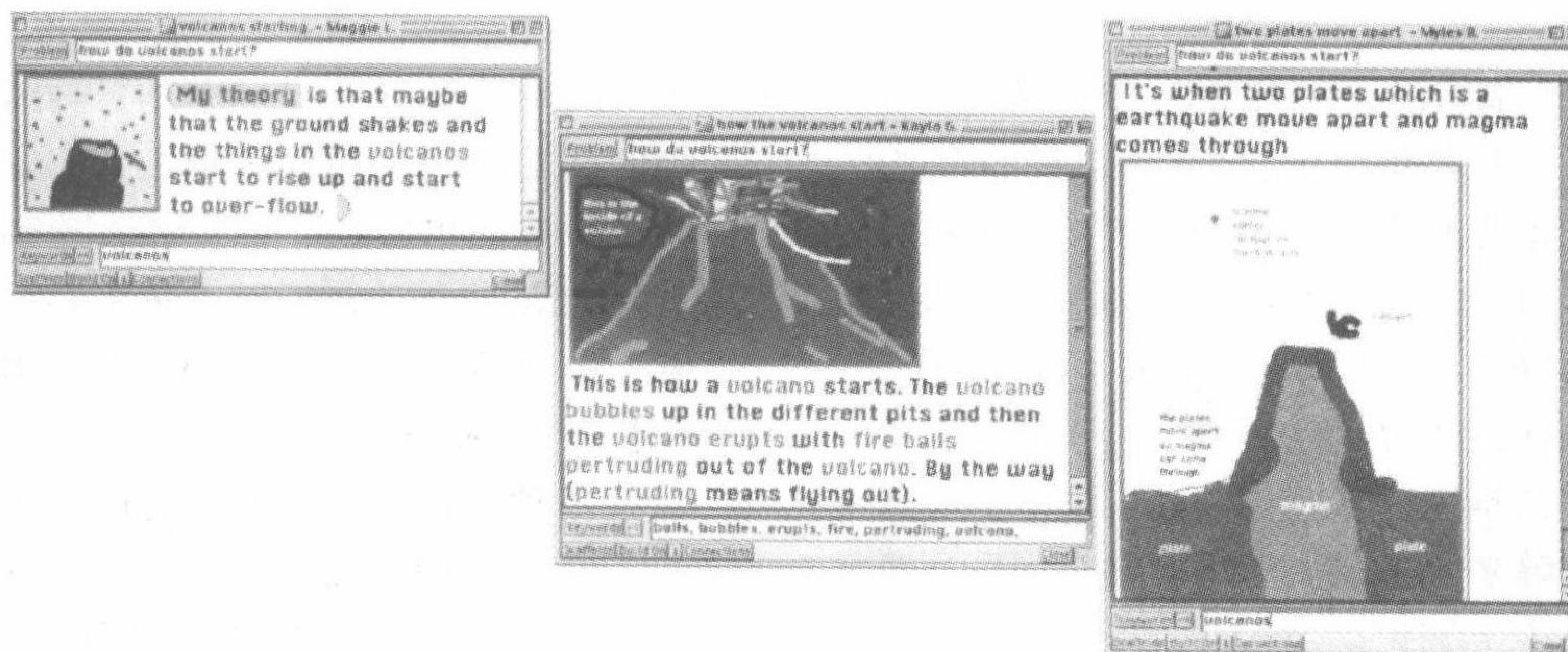


图 7.5　作为理解自然灾害的一部分，三年级学生研究火山的观念更新过程

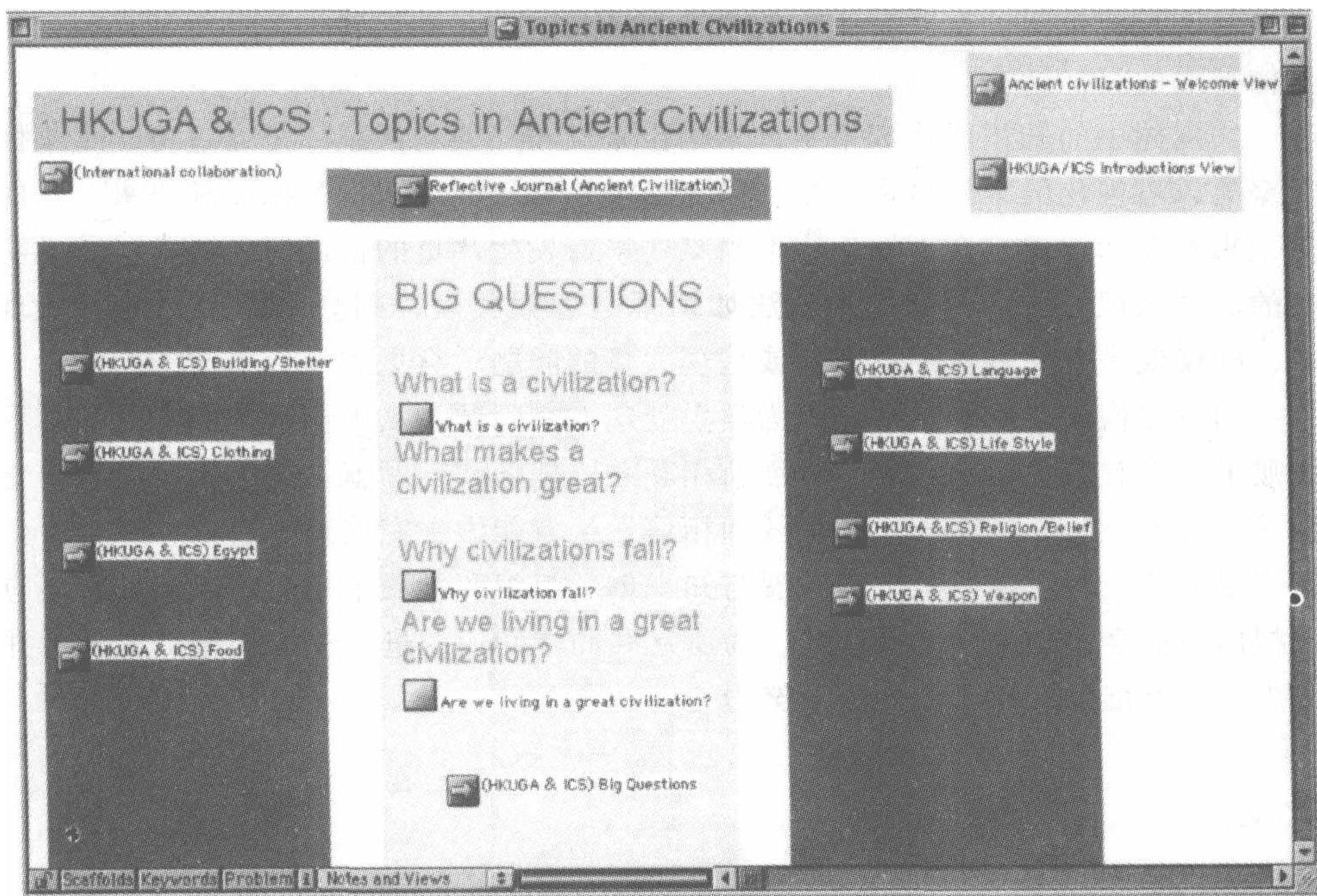


图 7.6　五至六年级学生研究远古文明的有关视图的视图

结论

20 世纪的大部分时间里，教育领域努力将关注知识与技能传授的教条式教育转变为关注“主动学习”。“主动学习”强调学生在兴趣主导的活动中知识和技能的提高。我们相信在本世纪（21 世纪）（如果没有重大的变化的话）同样会有相当多的转变在这个领域里发生。斯通（Stone，1996）将 20 世纪的转变恰当地形容为“教授主义”到“发展主义”的转变，这种转变潜在的内涵在于让儿童去做有益于他们个人成长的事情——实际上，什么对他们最有用，他们比课程设计者知道得更多。对于这种主张的争辩已告一段落，但是实施它所需要的社会转型（即关注组织或全社会知识与素能创新的能力）仍需要努力才能实现。在当前知识经济时代的背景下，无论是假设课程设计者还是学生自己知道什么是最好的，都是不行的。现在新的挑战是如何发动年轻人投身于扩展知识领域，并帮助他们在这种文化中找到对知识建构和个人满意的角色。普通教育中的文化传承与以儿童为中心的发展主义都不应被忽视，但它们的作用应该在教育的环境中得以认可，而这个环境本身是知识建构文化的一个例子，同时也是更大范围的知识建构文化的合法部分（Smith，2002）。这之中的推动力就是儿童在周围社会环

113

境中动态及有意义的交互时产生的个人兴趣，这也是知识建构教学法和支持知识建构技术的目标的出发点。

共同体中的知识建构成果由许多学生来发布，换句话说，是通过将学生集体的努力以可视化的方式呈现。尽管需要通过挖掘知识论坛的数据库和班级交互的记录来判断知识建构有否发生，但当某些事情发生严重的错误时，通常是非常明显的。在知识论坛中采用的教学法如果不与分数关联，则会导致严重的冗余现象，即仅仅是一些事实的罗列，或呈现大量的问题、意见和没有下文的推测。

知识建构的失败，通常是因为学生处理真实问题和从中得出实际观点的过程失败了。没有同现实世界中知识创新相联系，任务和问题就会被学生仅仅看作是练习。最核心的一点在于，如果教师相信学生有能力去完成这一过程，那么学生就可以成功。除了相信学生会开展与知识创新组织和领域中相似的行动外，还应该相信他们会主动进行知识创新，为所在共同体知识的进一步建构作出贡献，并成为全人类推动知识领域前进的努力之一。

致谢

我们要感谢加拿大社会科学和人类研究委员会的慷慨支持。感谢儿童研究所与多伦多玫瑰大道公立学校的学生、教师和校长，以及整个知识创新和技术研究团队（http://www.ikit.org）。没有他们的贡献，这篇报告就不会形成。我们同样感谢基思·索耶的智慧支持和热情帮助。

参考文献

American Association for the Advancement of Science. (1967). *Science: A process approach.* Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, Commission on Science Education. Distributed by Xerox Corporation.

Anderson, J. R. (1980). *Cognitive psychology and its implications.* San Francisco: W. M. Freeman.

Bazerman, C. (1985). Physicists reading physics: Schema-laden purposes and purpose-laden schema. *Written Communication*, 2, 3-23.

Bereiter, C. (1985). Toward a solution of the learning paradox. *Review of Educational Research*, 55, 201-226.

Bereiter, C. (1991). Implications of connectionism for thinking about rules. *Educational Researcher*, 20, 10-16.

Bereiter, C. (1992). Referent-centered and problem-centered knowledge: Elements of an educational epistemology. *Interchange*, 23, 337-362.

Bereiter, C. (1994). Implications of postmodernism for science, or, science as progressive dis-

course. *Educational Psychologist*, 29 (1), 3 - 12.

Bereiter, C. (2002). *Education and mind in the knowledge age*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bereiter, C., & Scardamalia, M. (1989). Intentional learning as a goal of instruction. In L. B. Resnick (Eds.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 361 - 392). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bereiter, C., & Scardamalia, M. (2003). Learning to work creatively with knowledge. In E. D. Corte, L. Verschaffel, N. Entwistle, & J. V. Merriënboer (Eds.), *Powerful learning environments: Unravelling basic components and dimensions* (pp. 73 - 78). Oxford: Elsevier Science.

Bereiter, C., & Scardamalia, M. (in press). Models of teaching and instruction in the knowledge age. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology* (2nd ed.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bereiter, C., Scardamalia, M., Cassells, C., & Hewitt, J. (1997). Postmodernism, knowledge building, and elementary science. *Elementary School Journal*, 97, 329 - 340.

Brown, A. L., Day, J. D., & Jones, R. S. (1983). The development of plans for summarizing texts. *Child Development*, 54, 968 - 979.

Caswell, B., & Bielaczyk, K. (2001). Knowledge Forum: Altering the relationship between students and scientific knowledge. *Education, Communication & Information*, 1, 281 - 305.

Catrambone, R., & Holyoak, K. J. (1989). Overcoming contextual limitations on problem-solving transfer. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1147 - 1156.

Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & deLeeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27 - 43.

Coleman, E. B., Brown, A. L., & Rivkin, I. D. (1997). The effect of instructional explanations on learning from scientific texts. *Journal of the Learning Sciences*, 6, 347 - 365.

Dunbar, K. (1997). How scientists think: Online creativity and conceptual change in science. In T. B. Ward, S. M. Smith, & S. Vaid (Eds.), *Conceptual structures and processes: Emergence, discovery and change* (pp. 461 - 493). Washington, DC: American Psychological Association.

Fodor, J. A. (1980). Fixation of belief and concept acquisition. In M. Piattelli-Palmerini (Eds.), *Language and learning: The debate between Jean Piaget and Noam Chomsky* (pp. 142 - 149). Cambridge, MA: Harvard University Press.

Grossberg, S. (1997). Principles of cortical synchronization. *Behavioral and Brain Sciences*, 20, 689 - 690.

Lakatos, I. (1976). *Proofs and refutations: The logic of mathematical discovery*. New York: Cambridge University Press.

Messina, R., & Reeve, R. (2004). Knowledge building in elementary science. In K. Leithwood, P. McAdie, N. Bascia, & A. Rodrigue (Eds.), *Teaching for deep understanding: Towards the Ontario curriculum we need* (pp. 94 - 99) Toronto: Elementary Teachers' Federation of Ontario.

Molenaar, P. C. M., & van der Maas, H. L. J. (2000). Neural constructivism or selforganization? *Behavioral and Brain Sciences*, 23, 783.

Ohlsson, S. (1991). *Young adults' understanding of evolutionary explanations: Preliminary observations* (Tech. Rep. to OERI No. University of Pittsburgh, Learning Research and Development Laboratory).

Pascual-Leone, J. (1980). Constructive problems for constructive theories: The current relevance of Piaget's work and a critique of information-processing simulation psychology. In R. H. Kluwe & H. Spada (eds.), *Developmental models of thinking* (pp. 263 - 296). New York: Academic Press.

Petroski, H. (1996). *Invention by design.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Phillips, W. A., & Singer, W. (1997). In search of common foundations for cortical computation. *Behavioral and Brain Sciences*, 20, 657 - 722.

Quartz, S. R. (1993) Neural networks, nativism, and the plausibility of constructivism. *Cognition*, 48, 223 - 242.

Ranney, M., & Schank, P. (1998). Toward an integration of the social and the scientific: Observing, modeling, and promoting the explanatory coherence of reasoning. In S. Reed & L. Miller (Eds.), *Connectionist models of social reasoning and social behavior* (pp. 245 - 274). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

115 Reed, B. (2001). Epistemic agency and the intellectual virtues. *Southern Journal of Philosophy*, 39, 507 - 526.

Rheinberger, H. -J. (1997). *Toward history of epistemic things: Synthesizing proteins in the test tube.* Stanford, CA: Stanford University Press.

Sawyer, R. K. (2003). Emergence in creativity and development. In R. K. Sawyer, V. JohnSteiner, S. Moran, R. Sternberg, D. H. Feldman, M. Csikszentmihalyi, & J. Nakamura, *Creativity and development* (pp. 12 - 60). New York: Oxford.

Sawyer, R. K. (2005). *Social emergence: Societies as complex systems.* New York: Cambridge.

Scardamalia, M. (2000). Can schools enter a Knowledge Society? In M. Selinger and J. Wynn (Eds.), *Educational technology and the impact on teaching and learning* (pp. 6 - 10). Abingdon: Research Machines.

Scardamalia, M. (2002). Collective cognitive responsibility for the advancement of knowledge. In B. Smith (Eds.), *Liberal education in a knowledge society* (pp. 76 - 98). Chicago: Open Court.

Scardamalia, M. (2003). Knowledge building environments: Extending the limits of the possible in education and knowledge work. In A. DiStefano, K. E. Rudestam, & R. Silverman (Eds.), *Encyclopedia of distributed learning* (pp. 269 - 272). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Scardamalia, M, & Bereiter, C. (1987). Knowledge telling and knowledge transforming in written composition. In S. Rosenberg (Ed.), *Advances in applied psycholinguistics: Vol. 2. Reading, writing, and language learning* (pp. 142 - 175). Cambridge: Cambridge University Press.

Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1991). Higher levels of agency for children in knowledgebuild-

ing: A challenge for the design of new knowledge media. *The Journal of the Learning Sciences*, 1 (1), 37 -68.

Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1996). Adaptation and understanding: A case for new cultures of schooling. In S. Vosniadou, E. DeCorte, R. Glaser, & H. Mandl (Eds.), *International perspectives on the design of technology-supported learning environments* (pp. 149 - 163). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2003). Knowledge building. In *Encyclopedia of education* (pp. 1370 - 1373). New York: Macmillan Reference.

Scardamalia, M., Bereiter, C., Hewitt, J., & Webb, J. (1996). Constructive learning from texts in biology. In K. M Fischer, & M. Kirby (Eds.), *Relations and biology learning: The acquisition and use of knowledge structures in biology* (pp. 44 -64). Berlin: Springer-Verlag.

Scardamalia, M., Bereiter, C., & Lamon, M. (1994). The CSILE project: Trying to bring the classroom into World 3. In K. McGilley (Eds.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 201 -228). Cambridge, MA: MIT Press.

Scardamalia, M., Bereiter, C., McLean, R. S., Swallow, J., & Woodruff, E. (1989). Computer supported intentional learning environments. *Journal of Educational Computing Research*, 5, 51 -68.

Scardamalia, M., Bereiter, C., & Steinbach, R. (1984). Teachability of reflective processes in written composition. *Cognitive Science*, 8 (2), 173 - 190.

Smith, B. (Ed.). (2002). *Liberal education in a knowledge society*. Chicago: Open Court.

Stehr, N. (1994). *Knowledge societies*. London: Sage Publications.

Sterelny, K. 2005. Externalism, epistemic artefacts and the extended mind. In (R. Schantz, ed) *The externalist challenge: New studies on cognition and intentionality*. Berlin: de Gruyter.

Stone, J. E. (1996). Developmentalism: An obscure but pervasive restriction on educational improvement. *Education Policy Analysis Archives*, 4 (8). Retrieved from http://olam. edu, asu. edu/epaa/v4n8. html.

Woodruff, E., & Meyer, K. (1997). Explanations from intra-and inter-group discourse: Students building knowledge in the science classroom. *Research in Science Education*, 27 (1), 25 -39.

第二部分

方　法　论



第8章

以学习者为中心的设计

——反思过去，指导未来

119

克里斯·昆塔纳，申南帅，
凯瑟琳·诺里斯，埃利奥特·索洛韦

随着新兴信息技术的不断出现，不管是录音机、电视机还是计算机，这些技术的提倡者希望每一项技术都可以为教育带来根本变革。然而，很多时候它们在教育领域带来的转变效果并不如人们所期望的那么大。在过去20年中，出现了大量新的信息技术，如个人电脑、手提电脑、无线网络和互联网，这再一次为教育变革带来可能。库班（Cuban，1986）列出了一些之前的技术没能成功地支持学习的原因：第一，人们没有很好地理解怎样整合技术才能满足学习者的需要；第二，人们也没有清楚认识到技术该如何有效地与教育情境结合才能真正地支持学习者活动和达到学习目标。因此，要使计算机对学习产生积极的影响，教育软件应该围绕学习者的目标、需求、活动和教育情境来设计。这种软件设计的方法被称为**以学习者为中心的设计**(Learner-Centered Design，LCD)（Soloway，Guzdial，& Hay，1994)。

在此，我们将概述以学习者为中心的设计，并归纳它与典型的软件设计方法的不同之处。我们将讨论以学习者为中心的设计中脚手架的重要作用，以及软件如何为学习者提供脚手架的作用。我们也将描述不同的设计框架。这些设计框架通过指导设计者与研究人员在软件中发展智力支持来影响LCD。最后，我们将简要讨论今后的一些研究方向，使学习科学共同体可以在开发软件支持学习的领域中继续发展。

以学习者为中心的设计：关注学习者的特殊需求

软件设计者常常努力使他们的软件易于使用：这种方法被称之为以用户为中心的设计（User-Centered Design，UCD）（Norman & Draper，1986)。UCD的假设是：软件用户非常熟悉要使用软件来完成的任务，这些任务只需要使用合适的软件来完成就好了。但是当软件是为学习者而设计时，由于学习者对该软件而言

120

是新手，因此软件设计者就要考虑很多关键的问题，而不仅仅是软件的可用性（Quintana，Soloway，& Krajcik，2003；Soloway et al.，1994）（见表8.1）。

表8.1 专业用户与学习者的区别

专业用户	学习者
在任务领域中专业水准较高	在任务领域中专业水准较低
用户的层次比较统一，水平相当	用户层次多样，水平不一致
对他们参与的任务有很强的动机	对他们参与的任务动机不强
用户很少发生变化	学习者会不断地发展、成长、学习
工具的设计应主要强调用户与工具之间的鸿沟（如，实施与专业的鸿沟）	工具的设计应主要强调他们的知识与该任务领域专家知识之间的鸿沟

专业的层次

以用户为中心的设计假设软件用户在特定的领域或者在使用软件的练习和活动中，已经掌握了一些专业技巧。相比较而言，学习者并没有同样的专业经验，学习者对学习中特定领域的活动、工具和练习有一个不全面的本能理解。用户仅仅需要一种能够帮助他们以简单有效的方式参与实践的工具，学习者需要的工具还要关注他们欠缺的专业经验，并帮助他们理解特定领域的知识。

均匀度

专业用户在了解特定内容领域的活动、工具和练习后，他们在很多方面大多都是类似的。因此以用户为中心的软件应特别设计成注重让“理想用户”执行的一系列任务，而较少地关注用户间的个体差异。相反，由于学习者不一定都有特定的专业技能和文化，他们的水平是多层次的。因为学习者可能有不同的学习风格和学习特征，所以人们设计软件时必须考虑学习者背景、发展情况、性别、年龄和学习风格等的多样性。

动机

专业用户对自己的活动相当投入，他们对活动都有强烈的内部动机和外部动机：内部动机——因为他们对参与真实的、情境化的活动有很清晰的目标；外部动机——如提升工资，积极的工作评价以及同事的尊重等。所以，以用户为中心的设计不用考虑提供额外的激励因素；设计者可以假设这些用户已经有足够的动机

参与他们的工作。但实际上，学习者并非总有强烈的动机去参与新的活动或者学习新的知识。此外，当学习者对理解新概念和活动有困难时，他们的动机更容易受到打击（Hogan，Nastasi，& Pressley，2000）。因此，以学习者为中心的设计必须提出一些方法来持续不断地激发学习者的动机，以使学习者克服新环境中的困难。

技巧的增长

因为软件用户有一个比较高的起点，使用软件后，他们的知识可能并没有明显的增长。以用户为中心的工具设计可以不考虑如何改变这些工具以适应用户的成长——如果大部分用户停留在同等的水平，那么他们使用的工具就不用发生变化。然而，学习者的中心目标是产生新的理解。如果以学习者为中心的软件是成功的，学习者在应用软件后，他们的理解将更加深入，并且改变很大。所以，软件需要随学习者的改变而改变。

提供脚手架帮助学习者跨越“专业鸿沟”

诺曼（Norman，1986）从强调计算机用户与计算机之间的“**概念距离**”（conceptual distance）角度来描述以用户为中心的设计。当用户使用工具完成任务时，脑海里需要有一个特殊的目标，他们需要将之转化为可以用工具执行的行动。在利用工具执行一系列行动后，用户将根据他们的目标，评价和说明工具的使用状况和效果。诺曼将计算机用户与计算机之间的两种概念距离称为用户目标与物理工具之间的“鸿沟”：**实施鸿沟**（gulf of execution）（用户目标、用户意图与工具的可操作之间的不同之处）和**评估鸿沟**（gulf of evaluation）（用户说明物理工具情况所需付出的努力）（见图 8. 1）。

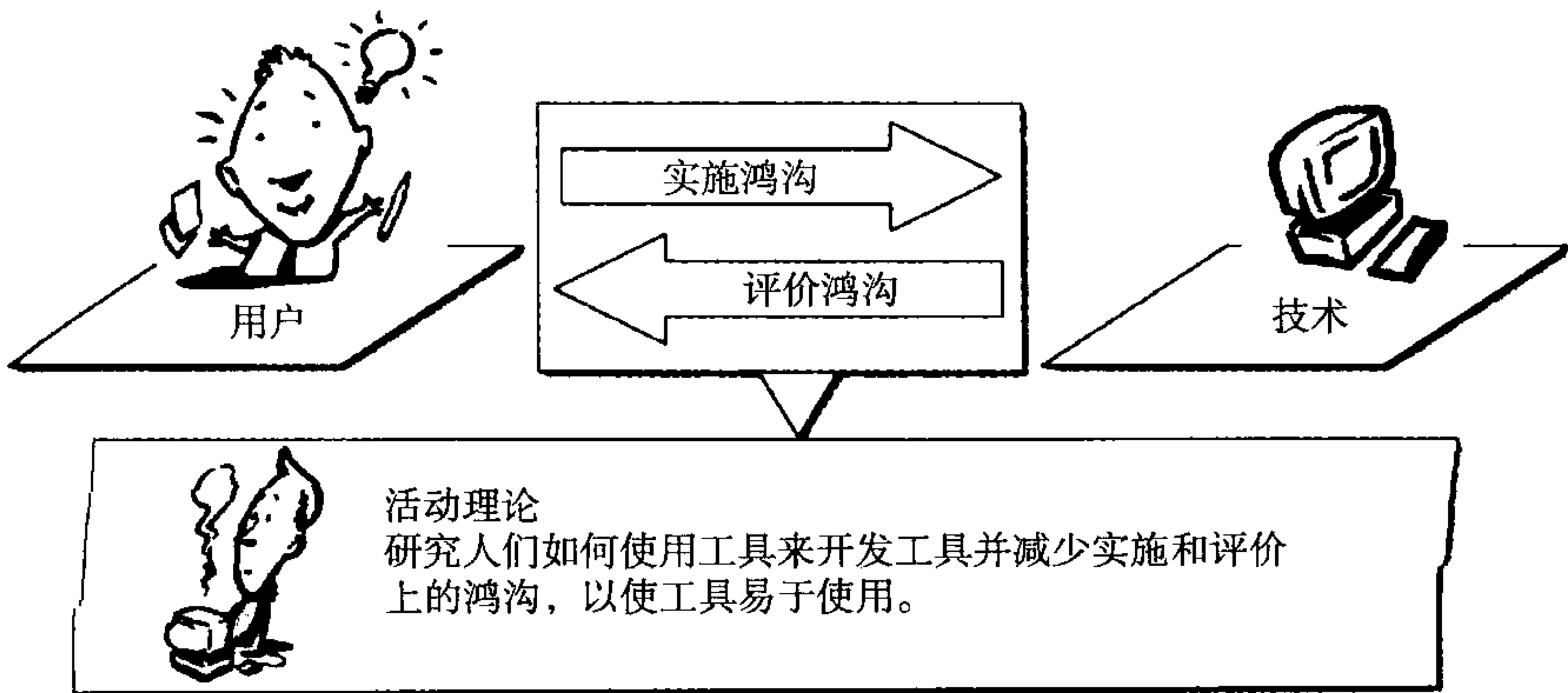


图 8. 1　以用户为中心的设计概念化地应用实施鸿沟和评价鸿沟。行动理论有助于人们了解如何缩减这些鸿沟，从而形成可行的技术。

设计者通过缩小这两种鸿沟使执行和评估更直接，从而增强软件的可用性。缩小这些可用性鸿沟的可行方法之一是理解人们如何使用工具。为了产生可用的设计，诺曼（Norman，1986）提出了“行动理论”（theory of action）。该理论阐述了人们应用工具完成任务的一系列执行步骤（如，确定目标，实现目标的意图，达到这个意图所使用工具的具体步骤，以及执行具体行动的步骤）和评价环节（如，观察、理解和评价工具的使用效果）。因此，设计者需要深入理解人们是如何参与任务、如何理解信息的，从而设计出可缩小实施鸿沟和评估鸿沟的可用软件。

相反，以学习者为中心的工具还需要强调“概念距离”——**专业鸿沟**（gulf of expertise），这是领域中新手和深入理解任务的较有经验的专家之间的鸿沟（图 8.2；Quintana et al.，2003）。专业鸿沟的“大小”与学习者领域模型中所需的概念转变数量是成比例的。这样，他/她可与领域内的专家进行全面交流（Quintana et al.，2003；也见 diSessa，本书）。因此，设计者需要了解人们是怎样学习的，以便开发以学习者为中心的软件。以学习者为中心的设计关注学习甚于关注软件的可用性，因而学习科学必须融入到软件设计中。例如，专业鸿沟指的是在实践共同体中完全参与者具有的专业经验。从这个角度来看，学习是指学习者在实践共同体中从一个外行成为一个完全参与者的过程，这就是跨越专业鸿沟的过程（Lave & Wenger，1991）。因此，我们认为以学习者为中心的设计需要开发为学习者提供脚手架的软件。这些软件可以帮助学习者跨越专业的鸿沟，以达到丰富知识、产生智慧的目的（Collins，Greeno，本书）。现在，我们可以说明以学习者为中心的设计为何必须具备有效地为学习者提供脚手架的特征。这种设计特征需要设计者考虑学习情境的不同方面，包括学习范围中不同的活动类型、使用的实际信息以及工具和术语。

122

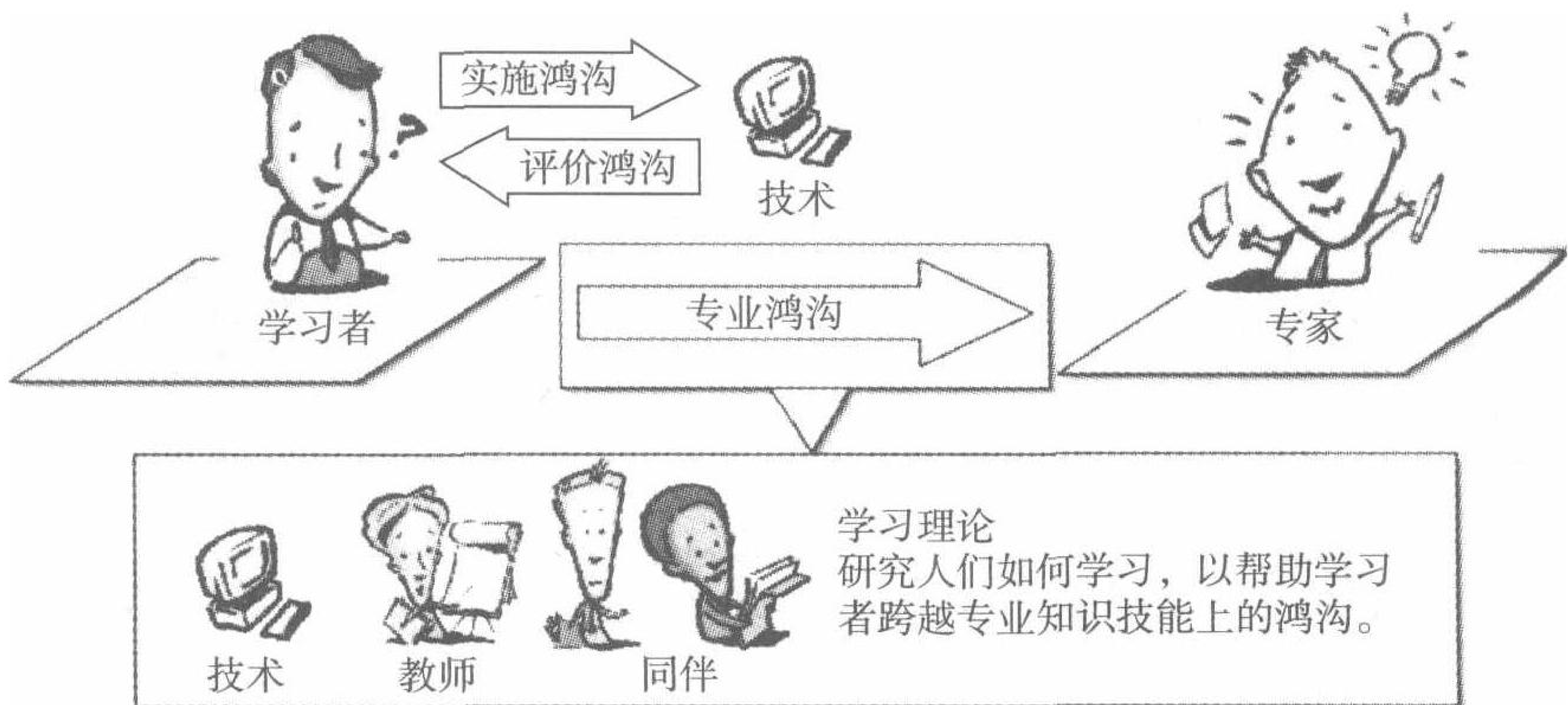


图 8.2　以用户为中心的设计将专业鸿沟概念化。学习的理论可以改革技术的发展（这种技术可以适应更广泛的情境），技术发展有助于学习者跨越专业鸿沟（会在不干预学习的条件下考虑软件的使用性问题）。

搭建脚手架帮助学习者跨越专业鸿沟

皮亚杰（1954）倡导的理念是：学习是一个主动的、建构的过程，学习科学的研究也一直沿这个方向进行研究（Brown，Collins，& Duguid，1989；Papert，1993）。学习不是将信息从专家传递到新手的被动的过程，它更应该是一个主动的过程，采用“做中学”的方式，学习者需要对他们正在学习的材料进行认知加工，由此创建先前旧知识与新材料之间的认知关系。

学习科学研究表明，社会情境扮演着相当重要的角色——知识是情境化的，学习者需要在有同伴和专家的共同体中建构他们自身的知识（Brown et al.，1989）。因此，获得专业知识需要参与到专门的文化情境中，这样可以使学习者明白共同的实践、语言、工具和文化的价值所在。例如，一些著作认为学习材料的设计包含以下社会建构主义的原则（Singer et al.，2000）：

- **主动建构**：学习者需要积极主动地参与思考（通常置身于真实的练习中）以产生对任务更深刻的理解。
- **情境认知**：学习者需要在有社会和知识支持的情境中学习，以便了解知识如何在实践中运用（Greeno，本书）。
- **会话**：学习者需要参与会话，在共同体中与其他成员（不论是专业的还是其他的学习者）讨论他们的想法，进一步加深自己的理解。
- **共同体**：学习者需要接触实践中的共同体群体（或者文化）。共同体能以帮助学习者获取社会支持、主动建构知识和学会（和实践）专业会话的方式服务于学习者。

因此学习科学的研究考虑了学习中不同的观点和理论，它们可以启发以学习者为中心的设计。以学习者为中心的设计的大部分工作，都关注开发基于软件的建构主义学习环境——在这种综合的环境里，学习者可利用其中的工具、信息资源和提供的合作支持，在真实的实践中完成学习目标和学习活动（Wilson，1996）。这样的学习环境通常可使学习者沉浸在特定的情境中，他们可以参与真实的活动，在参与特定领域的活动中形成自己对领域知识的理解。然而，由于这类活动对新手来说还很复杂，因此学习者需要**脚手架**以更好地参与到活动中。通过脚手架提供的帮助，学习者可以积极主动地参与到真实的实践中，以有效的方法跨越“专业鸿沟”。

脚手架的概念源自于维果茨基（Vygotsky，1978）的理念：拥有更多经验的成人或者同伴可以给新手提供协助。伍德、布鲁纳和罗斯（Wood，Bruner，& Ross，1975）扩展了脚手架的概念，这些概念描述了经验丰富的成人辅导者能够给年轻学习者提供支持的本质。现在脚手架的概念已应用到不同的情境中。例如，教师会使用不同的方法，如提供辅导训练、建构任务或者提供建议，给学生

提供脚手架，让学生可以投入到真实的实践中（Collins，本书；Sawyer，本书导言）。以学习者为中心的设计面临的挑战包括，在考虑学习者使用软件时，软件如何结合体现脚手架功能的各种特征。自从古兹德尔（Guzdial，1994）首次提出“基于软件的脚手架”（software-realized scaffolding）理念以后，如何将脚手架与软件结合的挑战就一直存在：

- **传统的脚手架与基于软件的脚手架的对比。**脚手架的理念已经从教师—学生之间的交互转化为计算机—学生之间的交互，从而产生了有关脚手架的新问题。特别是在教育文献中，对应用软件的脚手架描述比传统脚手架的描述更为广泛吗？随着众多以学习者为中心的软件声称包含了提供脚手架的特征，我们可能需要对一些毫无意义的所谓“脚手架”泼泼冷水。
- **软件中搭建脚手架的新方法。**计算机具有非凡的能力，所以设计者面临的一个挑战是开发不同的搭建脚手架的新方法，而这些建构方法不可能在教师—学生情境中产生。
- **软件中脚手架的拆除。**有关基于软件的脚手架建构也存在挑战。在传统的脚手架观念中，当学习者的理解得到不断地发展后，他们越来越少地需要脚手架支持。换言之，脚手架应当随着学习者的成长而逐渐拆除。然而问题是，开发者该利用什么机制辨别哪部分基于软件的脚手架可以逐渐拆除，并辨别什么时候拆除才是合适的。此外，教师提供的脚手架拆除机制和软件提供的拆除机制存在的差异也是一个问题。

124

因此，软件中的脚手架一般都通过将学习者置身真实的实践情境中（例如，在软件背景中显示一个科学实验室），通过使真实练习的各个方面可视化和直观化（特别是类似科学、数学那些需要运用软件工具作为日常练习一部分的科目），支持学生参与和他人的讨论这些方式，为学习者提供认知支持。

我们可以从“交响乐”（symphony）设计中的几个简单实例来总结以学习者为中心的设计过程。“交响乐”指一个提供脚手架支持建构学习的环境，它为中学生而开发，利用了一系列不同的科学工具，包括空气污染数据库和进行探究空气质量问题的可视化工具（Quintana，2001）。这项工程的目标是给学生提供一个支持性软件环境，该环境可以帮助学生面对复杂的情况时进行真实的科学探究实践。“交响乐”的开发提供了一个研究案例，概括出了一个清晰的以学习者为中心设计过程。这个过程包括：（1）描述和体现学习者受众、他们参与的活动和学习目标的特征；（2）辨认哪些是学习者需要获得支持的方面，以便于学习者参与特定的实践练习活动；（3）开发脚手架的搭建方法，在软件的开发中，这些搭建方法可以用概念来描述，脚手架的搭建在软件中也得以实施。发展脚手架的搭建方法可以强调先前确定的支持需求（Quintana et al.，2003）。

“交响乐”的分析工作包括展现学生所做的探究工作的特征，理解九年级学生科学探究中的经验和其中的不足。为了描述学生参与的特定探索任务，昆塔纳

等人（Quintana et al.，1999）开发了一种**过程空间方法**（process space approach），包括：

- 学生需要参加的**活动**，诸如制订调查计划，搜索相关空气污染的信息，收集空气污染数据、图形化和可视化数据，发展系统模型以了解空气污染情况，综合污染信息以回答特定的问题。
- 学生参与这些活动所需要的**工具**，如计划工具、数据库、画图表和建模工具及文本编辑装置。
- 学生制造并在整个调查中要用到的**人工制品**，例如，用他们的工具所制造的产品，包括调查计划、图表、模型，等等。
- 在调查中学生需要涉及的**信息对象**（物体），例如关于空气污染的参考材料或者科学术语（如“假设”的信息）。
- 分析还可以帮助阐明关于调查过程性质的更多的总体信息。特别是分析表明，调查过程不是线性、连续的，而是非线性、迭代和结构不良的。

在描述了学生要参与的调查的类型后，下一个环节就是概述九年级学生由于不熟悉大范围调查而可能会遇到的困难和障碍。这需要学生阅读科学教育文献，并和教师们进行讨论。分析结果包括一系列学习者的帮助需求，这些需求会在空气污染调查过程中的不同方面循环出现（Quintana et al.，1991）。例如，学习者通过他人的帮助了解一项调查由什么活动组成，需要了解哪些活动目标的信息。学生更需要功能上的帮助以参与到计划制订环节中，对不同活动的结果作出反应。学生需要他们所调查的多个方面的信息，例如，科学术语的意义；关于他们如何参与活动的操作性信息。最后，考虑到学生将会制造和使用的制品的数量，学生也需要得到多种支持，以帮助他们管理那些制品。帮助学生把注意力集中到工作就是对他们的支持。

为了让学生投入到工作中，软件开发者在特定方面给学生提供帮助，这些特定方面决定了软件中脚手架特征的类型。脚手架特征的发展包括：发展概念化的方法以支持学习者，接着在软件中实施这些概念化的方法。每种方法都是由不同的学习理论和其他支持学习者学习的观点形成的（很多概念化方法和脚手架搭建样例能为下一章节讲述的脚手架设计框架的发展提供帮助）。

“交响乐”设计中的脚手架特征有很多不同的类型。例如，制订计划是一项比较内隐的活动，因为专家似乎凭先前经验就可以自动产生计划，而不需要刻意思考。由于经验不足，学生未能认识到制订计划是调查过程中很重要的一部分。因此，支持学习者将操作步骤概念化的方法之一是给学生提供提示和引导，以帮助学生制订有效的计划（Quintana et al.，2004）。“交响乐”要求学习者在进行下一步学习之前必须使用“计划工作区”（planning workspace），以实施这种搭建脚手架的概念化方法（见图 8.3）。学生将表示活动的模块从计划工作区中的“过程图”（process map）拖动到页面底下的计划表格，从而完成计划的制订。

学生也可以通过移动活动模块到表格的其他位置或者清除活动，以修改他们的计划。这个计划工作区还有支持学生的其他特征。例如，如果学生不知道调查的基本组成活动，过程图可以给学生展示一些可以进行的主要调查活动，这样一来，概念化方法的使用就使无序的任务分解为具体的调查过程（Quintana et al.，2004）。而且，因为学习者可能不了解不同活动的目的，所以过程图包括了活动指引，学生移动鼠标到过程图相应的活动模块上，便可了解相应的活动目的。活动指引主要嵌入了专家关于不同科学活动原理的指导，帮助学生在增加活动时作出决定。“交响乐”设计中的其他脚手架特征包括支持学习者对他们工作中的不同方面的信息作出反思和阐述，让学生了解活动过程或者术语的额外信息，以及学会管理调查过程中产生的人工制品。

这项研究为以学习者为中心的设计确定了几个关键的主题，包括对学习者的全面理解、他们的目标和要参与的练习，以及在练习中可能遇到的困难。设计者可以根据这些信息设计软件的功能，更重要的是设计脚手架的策略和特征。这些策略和特征能将专家了解和使用的内隐知识更直接清晰地展示给学习者（Edelson & Reiser，本书）。此外，以学习者为中心的设计的焦点是学习，它不仅产生支持学习的工具，也形成了探究学习者如何学习、技术如何支持（或不支持）学习的设计实验的研究方法（Barab，本书；Confrey，本书）。

形成以学习者为中心的设计方法的设计框架

以学习者为中心的设计可以借用起初所采用的以用户为中心的不同的设计方法，如传统的任务分析法（例如，Lesgold，1986）和较新的**境脉的设计**(contextual design）方法（Beyer & Holtzblatt，2002），阐明了不同的软件使用**境脉**模式。这些**境脉化**的模式用于帮助确定在特定的**境脉**(如，像课堂这样的学习境脉）下如何开展工作，某境脉下的文化和制度是什么（如教师设定的课堂规则）及在该范围中产生和使用的人工制品使用方法（如学生在教室内制造和使用的人工制品种类）。其他类似的方法包括之前提到的**过程区域模型**(Fitzpatrick & Welsh，1995）及相应的过程区域分析方法（Quintana et al.，1999）。过程区域分析方法清晰地描述了学生参加的练习（如科学探究）的不同组成部分，诸如在练习时要扮演的角色和承担的责任，每个角色需要执行的活动，进行活动需要的工具，在活动中创造或者用于调节活动的人工制品以及参与不同活动所需要的信息资源。

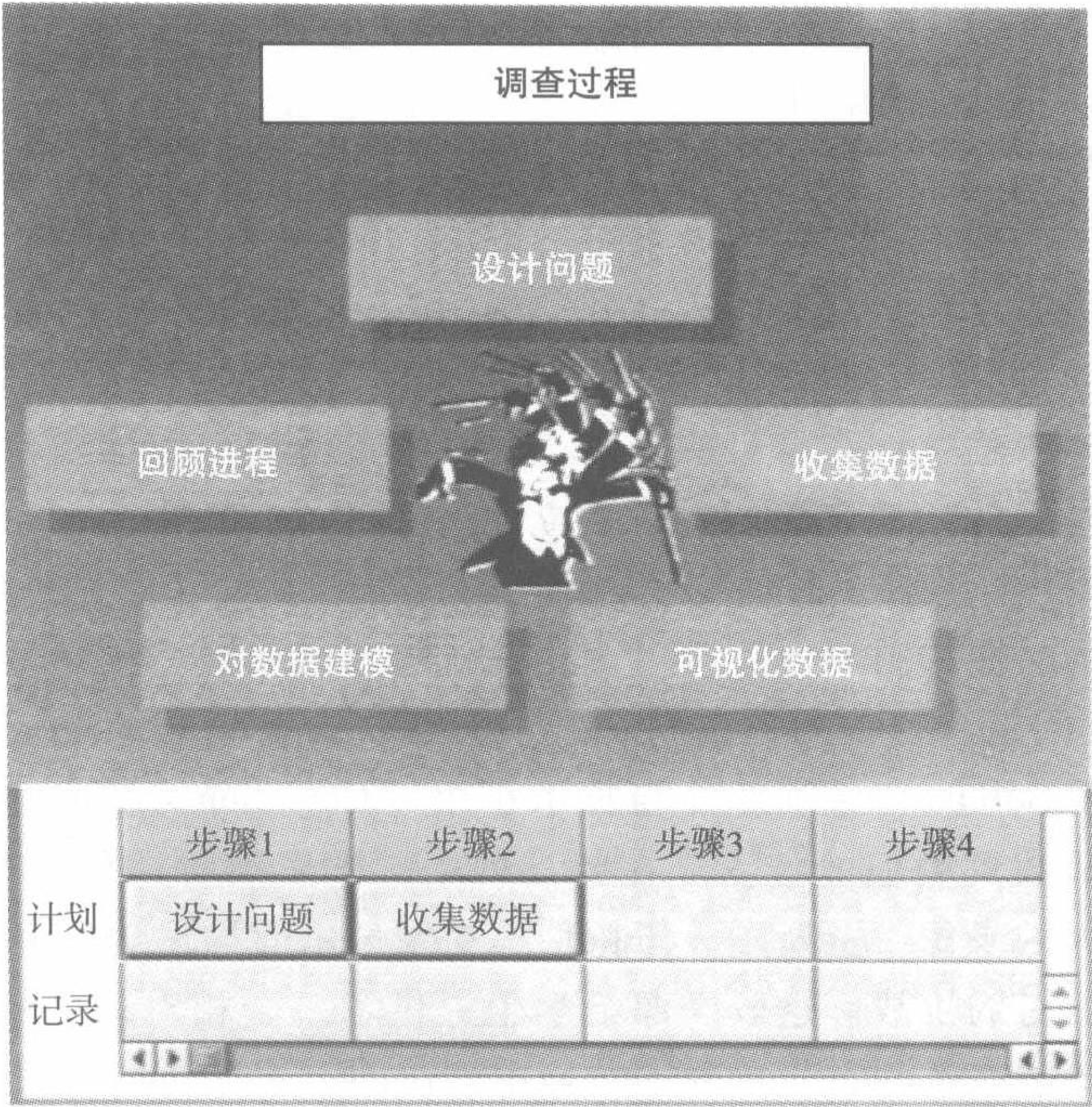


图 8.3　“交响乐”计划工作区包含了过程图，这些过程图显示了学生会接触到的可能的科学探究活动环节。学生可以在这里设定起步计划并修改调查计划。

使用这些设计的方法可以使真实实践的各种不同组成部分更为清晰明了，使研究者和设计者对学习者需要参与的活动有更广泛的理解。然而了解学习者和他们的活动仅仅是“以学习者为中心的设计”中的一个方面。开发者在软件开发过程中还需要知道为学习者搭建脚手架的指引原则，以帮助学习者跨越专业鸿沟。在接下来的部分，我们将描述三种基于学习科学研究的设计框架，并从这个角度形成以学习者为中心的设计：**脚手架知识整合框架**（Scaffolding Knowledge Integration Framework）、**脚手架式设计框架**和**学以致用的方法**（learning for use approach）。

127

脚手架知识整合框架

脚手架知识整合框架（Linn，Bell，& Davis，2004）包括四条基本的元原则：（1）使科学更易于理解；（2）使思考可视化；（3）帮助学习者学会向他人学习；（4）提高自主学习和终身学习能力。这些原则都关注支持学习者将新科学知识整合到当前的理解中。我们可以通过知识整合环境（Knowledge Integration

Environment，KIE）了解这些元原则是如何在软件中体现的。知识整合环境是一个让学习者聚集和整合不同类型信息以探究科学问题的软件环境（Bell，Davis，& Linn，1995；也见 Linn，本书）。

每条元原则都包含了注重实效的教学法原则，这些教学法原则来源于学习科学研究，描述了不同的支持学习者学习的方法。例如，使科学更易于理解的原则涉及激发学习者在学习活动中的兴趣和动机的方法。很多不同的策略都可以运用到这里，其中大部分策略是源于情境认知方法（Greeno，本书）。这些策略可以用于给学生提出个性化的有意义的问题，激励学习活动，将学习者当前所学的材料与具有相似情境的或者先前的知识建立联系（Blumenfeld，Kempler & Krajcik，本书）。例如，当学生学习不同的科学问题和科学概念时（如光是如何传播的），KIE 项目利用概念性的材料帮助学生建立概念，并使学生更易于接受这些概念（如，展示在夜间骑自行车的人反射光线的方法的影片剪辑）。在贾斯珀·伍德伯里（Jasper Woodbury）系列认知与技术小组（Cognition and Technology Group，1990）中也可以找到类似的方法。在此系列中，学生观看一位名叫贾斯珀·伍德伯里的年轻人的录像，贾斯珀·伍德伯里在录像里面描述学生将和他一起探究的情境和将要面对的挑战。这段录像给学生提供了一个相对集中的情境和舞台，让他们在一个更为有趣和易于接受的情境中解决问题。

第二条元原则涉及的是使对学习者而言相对内隐的专家知识可视化和清晰化。认知学徒制提倡也应该让专家的想法和知识可视化（Collins，本书；也见 Edelson & Reiser，本书）。此外，学习者也可以通过软件使自身的想法可视化，以更好地理解自己的想法并在正形成的想法之间建立相关联系（Linn，Davis，& Eylon，2004）。相当多的学习科学研究表明，学生若能对自己的想法作出反思，他们将学到更多。软件可以用来帮助学习者观察和创造他们所思考的不同种类的基于内容和知识的表征，并在他们表征的想法之间建立联系。例如，“意义建构器”（SenseMaker），作为 KIE 的组成成分之一（Bell 等，1995），通过使学生形象化地表达和发展科学调查中不同信息之间的联系，使学生的想法可视化。这样，学生（和教师）就可以对学生建构的当前理解进行分析，并阐述出新的理解。

第三条元原则是帮助学习者学会向他人学习。学习科学研究表明社会交流在学习中具有非常重要的作用（Bereiter，& Scardamalia，本书；Greeno，本书，A. L. Brown & Campione，1994；Cohen，1994）。以学习者为中心设计的工具应该促进学习者、同伴、教师和专家之间的社会交流，并能够给他们提供一个讨论区，在这个讨论区里他们可以展示自己的观点、解释或其他人工制品，并能评价他人所展示的制品（Stahl，Koschmann，& Suthers，本书）。例如，知识整合环境中的“轻松发言”（SpeakEasy）工具，学生可以在上面共享他们所创造的成果以及和同学或网友讨论的有用信息。其他项目也给学习者提供了类似的社会支

128

持，包括 CoVis 气候可视化工具（Gordin，Polman，& Pea，1994）和在线会议系统，如 TappedIn（Fishman & Davis，本书）。

第四条元原则是关于提高学生自主学习和终身学习能力的。这包括创建一个解决问题的情境，这种情境可让学习者投入到理解性的活动中，这些理解性的活动要求学生开展自主学习。学生要参加复杂的项目，在项目的过程中要求主动设定目标，参与问题解决活动，组织想法，对同伴或者老师的反馈作出反应，并形成自己的论点。由于有了脚手架，学习者可以在参与真实知识建构练习中变得更自主。好几个具有深度的学习项目也强调这一观点。例如，KIE 的一个主要目标是传达“科学调查并没有唯一‘正确’的执行方法”这样一个理念。KIE 尝试借用软件帮助学生学习问题解决的方法以及如何主动整合不同的科学信息，而不是让学生规矩呆板地进行调查。设计者不仅仅希望这种问题解决的方法帮助学习者解决目前的科学问题，还希望学生可将这些方法运用到日常生活中遇到的其他问题。类似的以支持更多可信的开放的活动为目标的例子，还有“基于网络的科学探究环境”（Web - based Inquiry Science Environment，WISE）（Linn，本书，Linn & Slotta，2000）、“交响乐”（Quintana et al.，1999）和“生物导向的探究性学习环境”项目（Biology Guided Inquiry Learning Environments）（Reiser et al.，2001）。

脚手架设计框架

脚手架设计框架将一系列的脚手架指导原则和策略组织到一个结构框架中（Quintan et al.，2004）。脚手架设计框架从学习科学研究的不同情境中（学习者在科学探究中遇到障碍的情境）出现的指导原则和策略中提取出脚手架指导原则和策略。根据对以学习者为中心的设计的讨论，我们可以看到，当学习者投入到一个全新且不熟悉的活动（例如科学探究）中时，他们需要获得一系列的支持，以了解活动中的基本实践和表征类型。根据对学习者而言较为复杂的科学探究的三个方面，我们将脚手架设计框架中的指导原则和策略整合起来。这三个方面指：（1）意义建构（sensemaking）；（2）过程安排；（3）反思和表达。通过这一分类，软件开发者就可以找到确定采用何种类型的脚手架指导原则，并找到如何将这些脚手架配置到软件中的实例。

例如，第一种类型——意义建构——涉及参与活动中的基础实践，在这个案例中，是指科学探究的基础实践。意义建构包括实践中必须掌握的不同类型的推理方法。例如，在一个科学探究的情境中，意义建构就包括科学家数据和其他形象表征的理解与推理（例如，理解数据可视化的重要类型；见 Edelson & Reiser，本书）。意义建构也包括理解学科术语（如科学语言）和贯穿整个实践的学科策略（例如理解不同数据分析技术的不同之处）。学习者需要意义建构的脚手架，

因为他们不知道专家在科学探究中运用的策略，他们也不能将先前掌握的知识和现在接触到的学科表征联系起来进行学习。脚手架设计框架描述了三种可以在软件中实施的支撑式的、可以支持学习者进行意义建构的脚手架指导原则。第一，设计者可以用表征或者语言来联结学习者的理解，帮助学习者将表征与理解联系起来；第二，由于工具和人工制品可将任务的各个方面清晰明显地展示出来，设计者可根据学科学习的策略和术语对工具和人工制品进行组织；第三，设计者可以给学习者提供能以不同的方式观察和操作的学科表征（如图表），这样学习者可尝试理解那些表征的属性。

129

设计者也需要在过程管理安排中搭建脚手架。学习者在参与、管理和协商新学科过程时都需要得到支持，尤其是面对那些复杂的开放性问题时。脚手架设计框架描述了三个面向过程管理的脚手架指导原则：第一，设计者通过给学习者设定界限建立复杂的任务，并使用不同的任务分解方法向学习者描述复杂的任务（如图 8.3 的“过程图”直观地描述了科学探究中的任务），使用软件功能模型约束学习者在任何规定的时间都可参与的活动空间。第二，通过描述实践特征和原理，设计者为能够让学习者参与其中的活动提供实践指导。第三，设计者应从学习者所做的工作中更为重要的方面来设计脚手架，这种脚手架能自动处理那些分散学习者注意力的、不明显的且常见的问题。这也包括了对任务常用方面的自动化操作提供支持，促进任务产品的组织，提高学习者使用的工具和参与活动的导航作用（与“减少复杂性”相比，Edelson & Reiser，本书）。

最后，设计者需要在反思和表达中给学习者，特别是那些习惯回避或者不理解反思工作重要性的人提供脚手架。例如，设计者可以将一些特别的功能嵌入到软件中，帮助学习者计划和组织任务（如，图 8.3 中的交响乐计划特征）。这样，学习者就可以反思他们正在进行的工作，也可以对他们未来的工作进行追踪检测，以继续高效地工作。同样地，脚手架特征还可以帮助学习者对正在进行的工作的不同方面进行表述，这样也进一步促进了学习者对学习内容进行新的理解。支持表述的一般方法包括文本提示（例如，Davis，2003）和关联文本区域（促进学习者表述问题，以调查问题中的假设，或者讨论阅读了文本以后学到了什么）的使用。最后，脚手架特征强调了学习者参与实践中的认识论特征，强调了学习者在完成任务过程中所创造的产品（Collins & Ferguson，1993）。认识论形态（epistemic forms）指的是一些表示知识如何组织的结构（如概念地图、元素周期表、辩论大纲，等等）。脚手架特征将认识论形态的各个方面和特征显示得清晰直观，帮助学习者学习知识结构，并构建和理解这些知识结构。这反过来也帮助学习者理解学习范围内出现的一些产品和练习（如理解不同的诸如辩论或者科学探究中计划的知识结构）。譬如，解释构造器（Explanation Constructor）工具中包括问题提示和其他特征，以帮助学生组织信息和进行建构解释（Edelson & Reiser，本书；Sandoval & Reiser，2004）。动物房东（Animal Land-

lord）是民族志研究方法中的一种工具，具有帮助学生描述和理解动物行为的功能（Smith & Reiser，1998）。这两个工具都可以帮助学生建构和理解科学探究中使用的认识论形态的特殊类型。

学以致用的框架

130

第三个模型称之为“**学以致用**”（LfU）模型，它强调软件设计者应该关注满足特定目标的学习活动（Edelson，2001）。“学以致用”基于以下理念：学习者通过目标导向行为来建构知识，最理想的情况是学习者发自内心要求开展这一行为（参考 Krajcik & Blumenfeld，本书）。因此，软件应设计成工具和活动系统的一部分，用以支持学习的三个方面：动机、知识建构和知识提炼。

学以致用模型通过使学习者看到自己现有理解的局限来激发学习者。这种方法帮助学习者了解满足目标所需要的知识，哪里可以整合新知识。在知识建构阶段，学以致用框架描述了学习者可以通过直接经验和与他人交流的间接经验进行知识建构。因此，学习者为了学习和内化概念，需要接触各种不同观点和经验。最后，在知识提炼阶段，学习者需要对这些知识进行反思和应用，以便将来回顾和使用。因为知识的获得和学习都是情境化的，学习者应该能够在不同的情境中应用自己的知识，以加强知识的广度和深度（Kolodner，本书）。

埃德尔森（Edelson，2001）在 World Watcher 系统中描述了学以致用框架的三个方面。World Watcher 系统给学生提供可视化科学工具，使用地图以不同的方式进行制作、定制和交互，支持数据可视化和数据分析。World Watcher 项目旨在通过引起学生在地图（如气候地图和环境数据地图）上建立并探索不同的空间数据的好奇心，从而激发其学习的动力。当学习者投入到这些有导向性的数据分析和可视化的活动中时，他们就会看到不同的现象，这些现象都会引出更多的问题。一旦学习者发现有兴趣的探究话题，他们可以通过 World Watcher 了解自己对话题理解的差距和局限。接着他们可以在 World Watcher 中得到帮助支持，并通过主动发现、分析和可视化更多的数据，建构自己的知识，以回答之前自己提出的问题。World Watcher 的不同特性给学生提供了多方面的支持。学习者也可以与老师、同伴讨论这个问题（例如，向别人描述他们给其他团体制造的可视化产品），这样不仅帮助学习者建构自己的新知识，也为学习者提炼知识奠定了基础。最后，学习者利用 World Watcher 和其他工具进行记录、组织和解释他们在地图上或者在 World Watcher 提供的可视化产品上观察到的现象。这样，学习者可以参与到反思中。一旦学生回顾他们最初的问题，通过可视化产物和活动，他们可以建构自己的知识，反思自己的操作过程。他们通过使用 World Watcher 可以应用知识创建新的地图和分析数据趋势，以回答新的气候问题并预测气候。

学以致用模型展示了软件应该如何设计，怎样放置到更宽广的情境中使用，

以帮助学习者跨越专业鸿沟。World Watcher 提供了软件如何开发成全面的工具、活动和社会网络情境来支持学习者的样例。最重要的是，学以致用模型为设计以学习者为中心的软件应如何考虑学习情境的其他方面（例如，图 8.2 所示的有教师、同伴和工具的课堂）提供了样例。设计者需要描述学习者参加活动的类型，开发支持学习者参与这些活动的软件。

评价以学习者为中心的软件

和设计研究一样（Barab，本书；Confrey，本书），以学习者为中心的设计的关键要素是对软件的评价，两者都是为了促进软件的发展，获得更多有关学习本质的理解和了解如何支持学习者学习。传统的以用户为中心的设计关注的是软件的可用性、易用性（如看软件是否减小了实施和评估的鸿沟）等因素。除了要了解上述重要因素外，在评价以学习者为中心的软件过程时，还应该了解软件如何更好地帮助学习者跨越专业鸿沟。萨蒙、珀金斯和格罗布森（Salomon，Perkins，& Globerson，1991）认为教育技术的两个重要方面可作为评价的方面。

131

> 技术“带来的效果”（the “effects with” technology）：包括学习者参与活动的类型和他们在活动中使用不同软件特性时产生的变化。这里，评价包括分析学习者如何与软件中不同的个性化脚手架特征进行交互。
>
> 技术“本身的效果”（the “effects of” technology）：包括学习者在使用软件后，对某些领域理解的变化。这里，评价包括分析软件中学习评价的效果。

换而言之，评价以学习者为中心的软件设计包括理解软件本身的效果（如新手如何使用软件参与不同的活动）和软件整体产生的效果（如学习者利用软件进行学习产生了什么样的学习效果）。评价以学习者为中心的软件设计的不同方面包括了一系列的方法。例如，很多传统的方法可以用来评价软件本身的效果，如前测和后测方法可以描述学习者在使用软件前后的知识掌握程度。学习者使用软件之前，进行目标领域知识的前测，以检测他们当前的领域知识；学习者使用软件之后，接受一个后测以检测领域知识的掌握情况（或者在使用软件的不同阶段进行检测）。关键是设计者要确定哪些是学生在使用软件时所产生的学习收获。

尽管评价软件本身的效果非常重要，开发者同时也需要了解由软件带来的其他学习效果。或者可以这样说，软件是如何使用的？软件的哪些个性化特征是成功的？哪些是不成功的？评价随软件带来的效果尤其需要一个可观察的方法：观察学习者的行为和观察学习者是如何与软件各部分进行交互的。例如，在实践中评价变化的方法包括使用不同的基准去判断脚手架特征的可用性以及判断学习者

在脚手架支持下进行支持活动的完成程度（Quintana, Krajcik, & Soloway, 2002）。这样的评价包括观察每类脚手架特征的运用情况，根据不同的标准来评价这些运用情况，像这些脚手架特征是否易于获得，是否可用，或者是否可有效地使用。评价学生在完成有脚手架特征支持的任务的有效性和准确性；评价学习者是不是由行业的新手向专家转变；以及评价学习者使用脚手架特征完成任务时的反思情况（Quintana et al., 2002）。这些信息都是由评价部分而获得的，有助于开发者看清学习者如何运用那些脚手架特征，看清这些特征是不是提供了想要提供的帮助信息，从而达到帮助学习者用合适方式进行学习的目的。

总结评论和未来的方向

早期的计算机是很庞大、昂贵、复杂的，也没有支持复杂用户界面的功能。从 20 世纪 70 年代开始，个人电脑不断涌现，并逐渐成为主流，即使不是专业用户也可以使用计算机。因此，很多软件设计工作关注开发可用、易用的计算机系统，使计算机拥有更广阔的受众市场。在这个章节中，我们探讨了为学习者设计软件时所面临的一系列独特的挑战。以学习者为中心的软件设计者应该清楚地认识到教育软件只是复杂学习情境的一个组成部分。设计软件强调的焦点应该是在情境中支持学习，而不再是狭隘孤立地仅关注软件的可用性。 132

我们描述了以学习者为中心的几个例子，总结了不同设计方法、评价方法和软件中脚手架特征的样例。我们也讨论了融合不同脚手架的指导原则、策略和方法的设计框架。这里的脚手架指导原则、策略和方法都用于支持学习者发展和加强知识。当前大部分研究都集中在如何使软件具有脚手架的特征。这些研究也关注以学习者为中心的软件设计在不同学习情境中的运用情况。然而，确实还有很多方面需要作进一步的研究，由所罗韦、古兹德尔和海（Soloway, Guzdial, & Hay, 1994）所提出的最原始的问题也需要作更进一步的探索。例如，关于软件中拆除脚手架的问题，包括由谁来决定拆除脚手架（例如教师、学习者还是软件本身），何时拆除才合适；软件中脚手架特征该如何撤销减弱（如软件中的脚手架“喜好”可以用于削弱某些脚手架特征吗？需要设计不同的脚手架来支持不同的学习者吗？等等）；拆除脚手架的机制是什么［例如，软件中是否设置了脚手架“偏好”（preference），用于解除某些脚手架特征？软件本身是否能够根据学习者的学习进度自动解除脚手架特征？等等］（Jackson, Krajcik & Soloway, 1998）。随着新技术类型的出现（例如便携电脑、无线网络，等等），我们必须探索如何把传统的搭建脚手架方法运用到新技术类型中。随着新技术的出现，我们也需要考虑我们可以从新技术当中提炼出哪些新类型的脚手架搭建方法，我们也要关注新出现的有趣的研究领域，例如设计研究（Confrey，见本书；Design-based Research Collective, 2003; Edelson, 2002），看看以学习者为中心的软件该

如何运用到研究的情境中以更好地理解学习和促进认知。最后，研究人员应该继续探究传统脚手架搭建与基于软件的脚手架搭建这两种理念，继续研究不同的技术如何支持学习者。尽管关于技术如何促进学习这方面的研究已经做了很多，但是我们还是面临很多的挑战。

参考文献

Bell, P., Davis, E. A., & Linn, M. C. (1995). The knowledge integration environment: Theory and design. In J. L. Schnase & E. L. Cunnius (Eds.), *Proceedings of the Computer Supported Collaborative Learning Conference* '95. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Beyer, H., & Holtzblatt, K. (2002). *Contextual design: A customer-centered approach to systems design*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers.

Brown, A. L., & Campione, J. C. (1994). Guided discovery in a community of learners. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 229 - 270). Cambridge, MA: MIT Press.

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, 32 - 42.

Cognition and Technology Group. (1990). The Jasper series as an example of anchored instruction: Theory, program description, and assessment data. *Educational Psychologist*, 27, 291 - 315.

Cohen, E. G. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64, 1 - 35.

Collins, A., & Ferguson, W. (1993). Epistemic forms and epistemic games: Structures and strategies to guide inquiry. *Educational Psychologist*, 28 (1), 25 - 42.

Cuban. L. (1986). *Teachers and machines: The classroom use of technology, since* 1920. New York: Teachers College Press.

Davis, E. A. (2003). Prompting middle school science students for productive reflection: Generic and directed prompts. *Journal of the Learning Sciences*, 12 (1), 91 - 142.

133

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5 - 8.

Edelson, D. C. (2001). Learning-for-use: A framework for the design of technology-supported inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (3), 355 - 385.

Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11, 105 - 121.

Fitzpatrick, G., & Welsh, J. (1995). Process support: Inflexible imposition or chaotic composition. *Interacting with Computers*, 7 (2), 167 - 180.

Gordin, D. N., Polman, J. L., & Pea, R. D. (1994). The Climate Visualizer: Sense-making through scientific visualization. *Journal of Science Education and Technology*, 3, 203 - 226.

Guzdial, M. (1994). Software-realized scaffolding to facilitate programming for science learning. *Interactive Learning Environments*, 4 (1), 1 - 44.

Hogan, K., Nastasi, B. K., & Pressley, M. (2000). Discourse patterns and collaborative scientific reasoning in peer and teacher-guided discussions. *Cognition and Instruction*, 17 (4), 379 - 432.

Jackson, S. L., Krajcik, J., & Soloway, E. (1998). The design of guided learning-adaptable scaffolding in interactive learning environments, *Human Factors in Computing Systems: CHI '98 Conference Proceedings* (pp. 187 - 194). Los Angeles: Addison-Wesley.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation.* Cambridge: Cambridge University Press.

Lesgold, A. (1986). *Guide to cognitive task analysis.* Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh learning Research and Development Center.

Linn, M. C., Bell, P., & Davis, E. A. (2004). Specific design principles: Elaborating the scaffolded knowledge integration framework. In M. C. Linn, E. A. Davis & P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 315 - 339). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Linn, M. C., Davis, E. A., & Eylon, B. -S. (2004). The scaffolded knowledge integration framework for instruction. In M. C. Linn, E. A. Davis, & P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 47 - 72). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Linn, M. C., & Slotta, J. D. (2000). WISE science. *Educational Leadership*, 58 (2), 29 - 32.

Norman, D. A. (1986). Cognitive engineering. In D. A. Norman & S. W. Draper (Eds.), *User centered system design.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Norman, D. A., & Draper, S. W. (Eds.). (1986). *User-centered system design.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer.* New York: Basic Books.

Piaget, J. (1954). *The construction of reality in the child.* New York: Basic Books.

Quintana, C. (2001). *Symphony: A case study for exploring and describing design methods and guidelines for learner-centered design.* Unpublished Ph. D. Dissertation, University of Michigan, Ann Arbor.

Quintana, C., Eng, J., Carra, A., Wu, H., & Soloway, E. (1999). Symphony: A case study in extending learner-centered design through process-space analysis, *Human Factors in Computing Systems: CHI '99 Conference Proceedings* (pp. 473 - 480). Pittsburgh, PA: AddisonWesley.

Quintana, C., Krajcik, J., & Soloway, E. (2002). A case study to distill structural scaffolding guidelines for scaffolded software environments, *Human Factors in Computing Systems: CHI 2002 Conference Proceedings.* Minneapolis, MN.

Quintana, C., Reiser, B. J., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Golan, R., et al. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 337 - 386.

Quintana, C., Soloway, E., & Krajcik, J. (2003). Issues and approaches for developing learner-centered technology. In M. Zelkowitz (Ed.), *Advances in computers* (Vol. 57, pp. 272 - 321).

San Diego, CA: Academic Press.

Reiser, B. J., Tabak, I., Sandoval, W. A., Smith, B. K., Steinmuller, F., & Leone, A. J. (2001). BGuILE: Strategic and conceptual scaffolds for scientific inquiry in biology classrooms. In S. M. Carver & D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (pp. 263 - 305). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

134 Salomon, G., Perkins, D. N., & Globerson, T. (1991). Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies. *Educational Researcher*, 20 (3), 2 - 9.

Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic supports for scientific inquiry. *Science Education*, 88 (3), 345 - 372.

Singer, J., Marx, R., Krajcik, J., & Clay Chambers, J. (2000). Constructing extended inquiry projects: Curriculum materials for science education reform: *Educational Psychologist*, 35 (3), 165 - 178.

Smith, B. K., & Reiser, B. J. (1998). National Geographic unplugged: Classroom-centered design of interactive nature films, *Human Factors in Computing Systems: CHI '98 Conference Proceedings*. Los Angeles: Addison-Wesley.

Soloway, E., Guzdial, M., & Hay, K. E. (1994). Learner-centered design: The challenge for HCI in the 21st century. *Interactions*, 1, 36 - 48.

Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Wilson, B. G. (1996). Introduction: What is a constructivist learning environment? In B. G. Wilson (Ed.), *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1975). The role of tutoring in problem-solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89 - 100.

第9章

作为方法论的设计研究的发展

杰尔·康弗里

在国家研究委员会（NRC）的报告《教育科学研究》（*Scientific Research in Education*）中，常常提及以下三种重要的研究（Shavelson & Towne, 2002）：（1）趋势（trends）；（2）因果关系（causal effects）；（3）机制（mechanism）。人们将“机制”描述为解答诸如“如何发生，为什么会发生”等问题的研究。本章作者认为“设计实验”（design experiments）是检验机制的分析方法。“设计实验”最初是“由理论建构起来的，这些理论经过设计、实践，并对教育工具（课堂、教学方法、计算机程序）进行了系统研究，经过了反复测试”（p. 120）。国家研究委员会认为这种实验的过程是“理论驱动的设计过程”和“数据驱动的修正过程（教学策略）”（p. 121）。这两种过程都与设计研究（design studies）相关，本章内容将以此作为讨论的焦点。

国内的研究者们都认识到加强“教学核心”（instructional core）（Elmore, 1996）和建立有效的“教学制度”（instructional regimes）（Cohen, Raudenbush, & Ball 2003）对教育发展的必要性。类似地，拉格曼（Lagemann, 2002）认为应该通过更多的研究以建立对课堂教学有用的指导原则。本文总结了当前方法论的发展情况，并明确指出其未来的发展方向。

设计研究被定义为“‘建立’特定的学习方式并在支撑它们的情境中系统地研究这些学习方式。这种设定的情境需要在实践中进行测试和修正。而连续的迭代就相当于实验中的系统变量”（Cobb et al. , 2003, p. 9）。

设计研究是一种扩展的教育调查方法，通过使用有序、新颖的课程来研究学生在交互的过程中，如何通过指引来学习概念领域问题并达到熟练程度，从而产生学习兴趣。设计研究是对这些教学交互研究的延伸。设计研究希望记录：学生在完成课程任务的时候，运用了哪些资源和先前知识；学生和教师之间是如何交互的；记录和镌刻（inscriptions）是如何创造的；概念是如何出现和改变的；使用了哪些资源；如何通过研究学生作业、录像和课堂评价来完成课堂教学。

设计研究者执行、测试、修正对学习轨迹的猜想，这些学习轨迹都是在开展

研究的过程中获得的，研究者经常与教师合作，或者亲自担任教师，以收集学生、教师和研究者在此过程中所学知识的详细记录。接着设计研究者对以上记录作进一步分析，以获得研究报告，并对任务、研究材料及仪器作迭代设计。这一类研究方法也被称为“设计研究”（design research）、“设计实验”（design experiments）或是“基于设计的研究方法”（design-based research methods）。本人认为，从教学程序和迭代研究的需求角度来看，用“设计研究”（design studies）这一术语更为恰当。设计研究被认为是“在通过对教学策略和工具的系统研究的情境下，逐渐发展起来的关于学习的研究范式”（DBRC，2003，p.5）。设计研究不同于课程研究和评价（Confrey & Stohl，2004），也不同于课堂（Gee，1999）教学设计（Merrill，2001；Reeves，2000）纯粹的会话分析以及行动研究/课堂研究（Fernandez & Yoshida，2004）。设计研究继承了很多临床访谈研究和教学实验的特征，但很明显它是属于学习科学这个大领域的；它试图提供系统的、有根据的关于学习的知识，也试图建构理论来指导旨在促进学习的教学决策。

设计研究经常涉及课程领域的新事物，如新话题、新技术和新的交互形式的介绍。设计研究的范例包括研究学生对统计思想的理解（Cobb，2002；Lehrer & Pritchard，2002）、建模（Lehrer & Schauble，2004；Lesh，1999）、学生和教师对有理数的推理（Confrey & Lachance，2000；Simon，2000）、学生对信息的表征（diSessa，2004）和学生对创新技术工具的运用（Collins，Joseph & Bielaczyc，2004；Greeno，1997）。这种研究方法反对先在实验室或者实验情境下开展纯粹的研究，再将研究结果推广到课堂上。相反，设计研究者在复杂的课堂中开展研究（Brown，1992；Greeno，2003），这就将应用和纯粹的研究结合起来了。

任何发展中的研究领域，例如学习科学，都扎根于多样的方法。学习科学是由认知科学、发展心理学、技术革新、社会文化理论、数学和科学教育延伸发展而来的。通过对这些理论的研究，人们可以追溯设计研究的发展历程。本章的第一部分从临床访谈、教学实验和设计实验的变革来定位设计研究。

方法论必须清晰地定位在一系列目标和理论上，科学哲学家反复告诫我们：没有理论支撑的方法会变得空洞而死板（Elkana，1974；Lakatos & Feyerabend，1999）。因此，本章将描述与方法有关的理论，并以此引出一类有实证支持的理论。这些理论可以指导教师作出相应的教学决策，从而实现促进学生学习的目标（Cobb et al.，2003）。那么，哪类理论可以指导我们作出教学决策呢？对于这个问题我们将在本章第二部分阐述。

最后，设计研究要有资格作为方法论，就必须要有标准，要有一套清晰的思路，还要有基础的保证。研究中，有三种方式可以证明方法论是严谨的：（1）实验或研究本身经过充分的实施和分析；（2）相关的观点是证实过的、经得起推敲的、与数据和理论密切相关的，并且不是模棱两可的；（3）观点与教育实践之间的关系必须是直接的和可行的。第三部分简要讨论了与设计研究相关的方法、证

据、实践以及其理论依据。

设计实验的发展

皮亚杰、维果茨基、杜威等人的理论和临床研究的早期基础

设计研究根植于对理解儿童如何思考的持久兴趣。皮亚杰、维果茨基和杜威都认为学生思维的形式在于思考过程的发生，这可能是理解学习特征的关键。这种思想在皮亚杰的“发生认识论”（genetic epistemology）中显而易见。而维果茨基在他的“发生历史方法”（genetic historic method）中也曾提及。杜威认为学生思考的形成，来源于探究的本质和探究与实用主义（pragmatism）的联系。这些学者都认为，理解思考如何形成是理解知识如何获得的关键。

相反，很多传统的行为主义者评价学习时，主要通过考试的表现或者其他对学生成果的直接鉴定方法，这些评价方法强调速度、效率、持久性，偶尔也有在新条件下的思维转换。在学习科学中，这些标准是不够的，因为行为主义作传统评价时，只是把学习成果当成一个固定的获取物，面对缺陷和较差的表现时，不能给予解释性的框架。在学习科学中，知识的关键特征包括：人为什么会相信某些事情，这是如何发生的，和其他想法如何关联的，它允许人们做些什么。因此，学习科学中的方法论不得不包括一套更为广阔的评价学习成果的方式。通过这些方式可以了解学习的过程，也可以了解学习者最后的状态。

皮亚杰最重要的假设是：当儿童被置于某一环境中时，他会努力去了解这个环境。在包括“临床法”（clinical method）的新方法论中，皮亚杰提出三条主要见解：（1）儿童的观点与成人的观点是不一致的；（2）儿童经历一系列的任务，他们的理解通过认知重构、涉及同化和顺应过程协调的概念转变（包括克服普通的“迷思概念”，或者类似的概念）而逐渐深化，这个过程是儿童获得认知熟达（cognitive proficiency）的过程；（3）为了让想法变得可行，儿童必须通过图式建构（schema construction）和反身抽象（reflective abstraction）的过程来衡量想法的可行性、可用性和持久性。皮亚杰最著名的格言是“人通过认识自己而认识世界”（引自 von Glasersfeld，1982，p. 613）。他强调当描述涉及外部世界的知识时，总是涉及认识者与已知者之间的交互，因此，知识是相关的（Ackerman，1995；Kegan，2000）。

临床方法是皮亚杰对方法论的贡献之一：

> 临床实验就是实践者设定一个问题，建立假设并使现有条件符合假设，最后在对话中通过测试刺激得到的反应来控制每一个假设。但是临床实验也依赖于直接的观察，而好的被试尽量让自己受引导（虽然他们一直都是受

> 控的），考虑整个心理境脉（mental context），以避免成为“系统错误”（systematic error）的牺牲者。“系统错误”经常出现在单纯被试身上。
>
> 事实上，优秀的实验者需要结合两种矛盾的特性：他需要知道如何观察，也就是说他要让儿童自由讨论，不能表达任何赞成或者支持的言语。同时，他又必须不断警惕那些确定性的东西，在任何时候他都要有需要检验的研究假设和理论，不管是正确的还是错误的。（Piaget，1976，p.9）

皮亚杰告诫：“临床法最大的敌人是，有些人不恰当地简化有疑问的结果；有些人全盘接受儿童作出的每个答案，认为都是金句；有些人全部否定，认为毫无作用”（p.9）。皮亚杰认为临床访谈的主要任务是揭示儿童的文化信念（conviction），这些信念“必须包含先前形成的图式、思考的倾向性、思维习惯，等等”（p.13）。“这一假设就是主张儿童以某种方式创造自己的见解，这种方式是为了揭示他思维的本能倾向”（p.14）。关注这种图式对设计成功的教学至关重要。

138

维果茨基对这些方法论的发展作出了巨大的贡献，他强调在社会文化背景中的个体发展。对于维果茨基来说，文化活动是认知的基本来源，塑造了人们最基本的思考方式。这里用他经常被引用的话来总结，“任何孩子的文化发展功能都将出现两次，或者说出现在两个层面上。首先出现在社会层面上，接着是心理层面上。第一个是作为心理间的（interpsychological）范畴出现在人际间，接着作为心理内的（intrapsychological）范畴出现在个人中”（Vygotsky，1978，p.57）。

维果茨基对设计研究的贡献是他注重在实验中选择合适的分析单元。他使用“分析单元”这一术语将思维和语言结合起来。在多数基本的形式中，分析单元是由言语思维的属性所构成的一个整体（Vygotsky，1986，p.211）。任何方法论都必须清楚地说明其分析单元。

维果茨基对方法论的第二个贡献源自对科学概念和自发性概念（spontaneous concepts）之间关系的实验研究。对此，他写道：“系统推理，最开始需要从科学概念领域上了解，然后将自己的结构组织转移到自发性概念中，并在此基础上进行重构。”（Vygotsky，1986，p.172）维果茨基将科学概念看得与认知工具一样重要，通过“工具”指向物体的间接功能，作为完成活动的一种方法。为了识别思维工具的效用，维果茨基关注作为认知中介工具的记号和符号的意义。维果茨基通过访谈来研究概念的发展，但同时他也意识到要了解正式和非正式想法之间的联系，“在方法上，我们面临的最迫切问题就是要找到深入研究真实概念的方法”（Vygotsky，1978，p.91）。

维果茨基更进一步认识到要理解概念的发展，需要研究教——“更有知识的他者”在学习中扮演角色。维果茨基的最近发展区理论认为，“今天，儿童与他人一起合作完成任务；明天，他则可以单独完成。因此，只有当教学走在发展

前面并引领发展的时候，它才是最好形式的教学。让学生看到成功的希望，又不能一步实现，需要一步一步地发展自己，一点一滴地完善”（Vygotsky，1986，pp. 188 - 189）。这是学习科学研究教学的最初推动力。由镌刻和表征而发展的会话在发展过程的研究中承担关键的方法论角色：

> 我们相信儿童的发展是一个复杂、辩证的过程。这个过程由于以下因素而特征各异：周期性，不同功能发展过程中的不均衡性，从一种形式转换为另外一种形式的质变或量变，内部因素和外部因素的纠缠不清，克服遇到的障碍的适应性过程（Vygotsky，1978，p. 73）。

第三个对设计研究方法论产生影响的主要根源可追溯到杜威的贡献，他的研究既基于心理学，也基于哲学和认识论。詹姆斯（James）（实用主义）和达尔文（Darwin）（进化论）都对他的思想有很大影响：

> 通过实践经验的协调，当理论指引我们得出该理论预设产生的事实时，理论会对事实作出回应……但是理论还要经过一些未知结果或被忽略的观察事实的检验，作出不断地修正。每个关于真实的论点真正在最后都是假设性和临时性的，尽管这些论点很多都被反复证明是正确的，且我们在使用这些论点时认为它们是绝对正确的。但从逻辑上说，绝对正确只是一种理想，是不可实现的，至少要到存在的所有事实情况都接受过检验才行，或者如詹姆斯所说的“逃离”或直到不再可能作其他的观察或实践了。（Dewey，1981，pp. 49 - 50）

139

如同杜威描述的，实用主义是经验主义的一种形式。除了建议通过实验检验假设是否真实外，他还认识到经过行动和经验产生的结果仅仅是一系列可能结果中的一个。只有在不同的情况下实现以后，这些结论才是稳定可靠的，即使结论总是临时的。实用主义者没有把理论仅仅作为原始经验主义的指引而固定在一个模式架子上，而是将理论运用到行动和经验的每个角落。实用主义者协调理论与实践之间的复杂性，而不是尽可能地减少其复杂性。

这种理论观点促使杜威强调“探究”。“探究”被定义为“一项将不确定情况变为确定情况的可控和直接的转换，确定的情况指的是清楚了解其特点和关系的构成，这样就可将原有情况的各要素变为一个统一的整体”（Dewey，1981，p. 226）。杜威强调通过探究对实践中的假设进行转换，这给我们的研究提供了例子和方法。他认识到，在最开始，只存在不确定的情况，需要将存在的问题转换为假设，通过一系列的探究活动，假设被转化为确定的情况，还产生一系列知识主张（knowledge claim）。这些知识主张只有在其他的领域里也得到证实，我

们才可以认为它们达到了真实的程度。也就是说，这种知识主张要经过实践检验，即随着时间推移，知识主张被证明在阐释多种情况时都是有效的。

选择设计研究作为方法论来建构关于教学指导的理论，皮亚杰、维果茨基和杜威的研究都为这一做法提供了理论根据。这些研究支持“课堂具有不确定性，是复杂、有条件的”这一观点。在这种情况下，教学指导要建立在通过调整教学条件而影响一定事件和结果的可能性的基础上。人们可以将教学指导比作教学模拟的不同实现手段（different realizations of a simulation）的概念——因为每件事物的发展都有所不同，所以很难精准预测某件事的结果，但是大量实现手段的发展过程预示了一定的发展倾向，这样便可以指导决策制定和参数设置。

根据这些前提和原理，虽然不能让实践有固定的模式，但是人们可以利用解释性框架，加上数据、证据和论点，来指导实践。解释性框架：（1）最好是与最终结果相似的模型；（2）与它的理论紧密联系；（3）要像紧密联系证据一样强劲有力，证据来自自然的、真实的环境中的多种交互资源；（4）要像（1）、（2）、（3）条目中列举的说明和分析一样有活力；（5）有效的，如同对于熟悉并经历过相似情境的其他人来说是有用的一样。设计研究结合了以上有关课堂实践的认识论观点。

从建构主义和社会文化理论到教学实验

20 世纪七八十年代，数学和科学教育经历了“学科结构”（structure of the disciplines）的阶段，内容专家也在此过程接触到发展理论（developmental theories）（Duckworth，1996；Hawkins，2002）。在 70 年代末和 80 年代，该运动探讨了问题解决这个话题；随着建构主义逐渐成熟，转向研究学生的思考，证明各种各样概念问题的解决方法、启发式教学法和策略。在 80 年代末，由于人们引入了苏联的教学法研究（Kantowski et al.，1978），临床访谈就发展成为教学实验，原因是社会文化方法对数学和科学教育的影响日益增大。研究者逐渐认识到结构化的、有指导的学徒制在支持转变过程中的作用。

140

教学实验揭示了学生学习主题问题的过程。它包括纵向的学习，对学生学习的干预，数据收集和计划的迭代过程，更多的是定性数据而不是定量数据。汤普森（Thompson，1979）提出教学实验应该适应美国的构成主义运动（constructivist movement），让位给“构成主义教学实验”。在实验中，一位研究者建立了单个教师和单个儿童的交互模型。史黛菲（Steffe，1991）明确了它的特征。研究者想研究儿童的数学能力（不仅仅是传统的数学），于是独立观察学生的背景知识和受过的训练，观察是在相互沟通协商中（而不是在正式的数学教学中）进行的。研究者主要关注他们活动的发展过程，而不是活动的成果，目的是研究他

们的图式调整情况，这些图式与目标导向的活动有关。

> 因为教学实验涉及影响儿童知识的方式和方法，所以，它不仅仅是临床访谈。它指向理解学生随时间延伸所取得的进步，主要的目标之一是形成涉及特定内容知识的学习模型。(Steffe，1991，p. 178)

莱什和凯莉（Lesh & Kelly，2000）确认了设计中关键的递归性，这点是科布和史黛菲（Cobb & Steffe，1983）最先意识到的。人们期望学生能建构数学知识，教师要建构学生建构数学知识的知识，研究者则是要建构前两者的知识，以及前面两种知识之间的交互。因此，研究者提出了"分层教学实验"。他们认为设计的基础包括内容质量、技术、学校到职业的转换、平衡、教师发展和教学设计。他们倡导对实践进行复杂的、多维度的和纵向的研究。

西蒙（Simon，2002）提出了分析教学实验的各种方法。他分析了突现视角、概念框架和典型案例框架的关键角色。在教师发展的实验过程中，他把研究设置在教师与研究者交互的情境中，认识到了"促进教师发展"的重要地位。他写道："教学作为一个探究的过程具有相当大的发展潜力，教师在此探究过程中参与不断交互和反思的循环"(p. 359)。

科布（Cobb，2000）探讨了关于突现视角的教学实验，记录了利用突现视角的过程。这一过程主要记录了在非传统课堂情境中学生与教师互动协作的数学学习情况。教师的学习是科布关注的第二个焦点。通过吸收格莱夫迈杰尔(Gravemeijer，1995）的观点，科布也表示对"教育序列的发展以及支撑这些本土的、特定领域的教学理论"感兴趣（p. 313)。他进一步详细叙说了发展和研究的循环周期，西蒙（Simon，1995）是第一个引用这些观点的人。在评价教学实验的过程中，科布探讨了归纳（generalizability)、可信度（trustworthiness）和可通约性（commensurability）在回顾分析中的重要作用。

同样在《数学和科学教育中的研究设计手册》（*Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education*）中，康弗里和拉钱斯（Confrey & Lachance，2000）讨论了他们三年间教学实验的经验。他们创造了"转换型教学实验"(transformative teaching experiments）这一术语，旨在揭示研究更多不确定的、革新的教学实践的需求。他们认为，教学实验应该研究猜想（conjectures)，而不是研究假设（那些等待被证明或者被否决的主张)。猜想是：

> ……概念化的一种方法，这种方法指的是接近一系列数学主题的内容和教学法的途径……坚定的猜想应该可以改变人们的观点，将以前无意义的或令人困惑的新事物变成让人接受的信条。从发展的角度看，一个猜想要像一个庞大的蓝图，那就应从许多不同的已有的观点出发，使各个观点相互融合

141

而生成猜想。(Confrey & Lachance, 2000, p. 235)

康弗里和拉钱斯把猜想与拉卡托斯(Lakatos)的研究内容联系起来，拉卡托斯认为理论是“经过思索和批判，不断地修正”而建立起来的(Lakatos, 1976, p. 5)。他们提出了猜想的两个维度：一个是基于内容的，另一个是基于教学法、课堂组织与任务、活动、工具和资源的。他们研究的问题焦点是：如果在课程、课堂交互、教学和评价中实施猜想，教学会如何改变？他们概述了人们应该如何根据猜想发展的表面效度与同伴评论质量、合理重构的一致度、学生反应的质量(根据其可扩展性、真实性和学生评论的表示法)来评价教学实验的质量。表面上看，他们也评价了教学试验中的一系列产品(报告、课程成果、专业发展材料和政策文件)是否可用，是否有持久性，是否迫切需要，是否适合和是否有产生性。

例如，我在1988年介绍过“细化的猜想”(splitting conjecture)，假定乘法、除法和比率的认知本源与计数、加法、减法的认知本源是没有关联的(Confrey, 1988)。我将分割切块、缩放、相似及其他几何学里的相关概念联系起来。1992年，我开始对一组三年级的学生实行三年的教学实验。在这三年中，我和我的团队对该组18名学生开展教学。我们这个团队每年都给学生布置一系列任务，强化学生理解乘法、除法、比率之间的关系。实验中的每一天，我们都按照任务计划实施，包括观察学生完成任务、听取和记录学生的主题讨论。我们(1)在课间自修的时间，对学生完成任务的情况进行小型访谈；(2)记录小组讨论关键任务的交互过程，检查参与者的工作和陈述；(3)投入到交互式的教学中，鼓励学生与他人分享自己的观点，回应他人的建议。教学的过程很多是通过介绍精心准备的、有序的挑战来完成，这些挑战旨在引出研究和教学的重要主题。每天课程的导入和结束都很重要：团队要对当天的进展作总体概述，并收集学生对课程的评价。基于绩效的评价经常被用来记录学生进展的不同情况。

在每一堂课后，我都会与研究团队的成员讨论：课堂上发生了什么事情，记录了哪些关键的活动时刻。这些关键的活动时刻是指学生表现得很惊讶的时候，或者需要促进的时候，或者是表现出猜想中的某些行为的时候。鉴于当前课堂发生的事情以及每天对工作的检查情况，我们大约每两周就对材料进行修正，以促进教学的提高。为了加强大家对该猜想的理解，团队的成员都要给出自己的理解，要求提出与猜想相关的证据以支持自己的陈述。当有分歧出现时，就要大家作出共同的评价，究竟哪种理解更接近事实、更符合人们的迫切需要、更可行？此评价过程中的观察和讨论都要记录下来，突出这些争议的时刻。研究团队把学生的概念走向用图示描绘出来，记录不同的走向，拍摄、转录和研究录像片段，准备研究报告。在项目最后，所有参与实践的学生都要接受访谈(Confrey, Lachance & Hotchkiss, 1996)，并完成一份关于比率推理中常见迷思概念的后测问

卷（Scarano & Confrey，1996）。

从临床访谈到教学试验，这些研究者保留、修改或精炼方法论中的部分内容，同时也丢弃另外一些内容，采纳新的方法。研究者继续保持在一定程度上还加强他们对建构学生数学思维模型的重要性的理解，他们坚持将学生看作积极建构的原动力——如果给他们提供合适的任务、挑战和阐明的机会，学生可以创造出有趣的、具有创造性的、常常还是富有成效的解决方法。研究者强调释放主动认知方面的重要性，以此形成学生能力和倾向性的可行的模型。此外，他们加强了对支持建构过程的两个支架——先前知识和反思的识别，先前知识受学生的经验和信念的影响，反思在这个自我突现（self-emergence）的活动中的关键作用是将学生的概念限制在安全的网络和结构中。

大量的重要因素发展了教学实验。数学和科学教育团体促进了这些工作；皮亚杰的发生认识论继续影响着教学实验的发展。新的计算机技术和动态技术的发展更是将这些工作推向了对数学和科学本质的新研究。通过将个体思维置于能够体现思想发展的社会文化网络压力下，研究的选择点转换到整个课堂复杂的情境中，这样加速了方法论的发展。我们了解到知识是分布式的，通过有效的工具可以协调，这就意味着我们需要进一步思考应该如何充分描述教师指引下所发生的事件。

设计实验的早期发展

大多数人都认为，“设计实验”或者“设计调查研究”是艾伦·柯林斯和安·布朗于 1992 年提出的。我会追溯有关的设计活动及那些把新的设计技术带到课堂中来的人（Fisher，Dwyer，& Yoacam，1996；Papert，1980；Pea，1987）。那些早期的先锋者认识到将技术带入课堂可彻底地改变人们的学习。通过点燃个体思考的导火线可以提高学生的熟练程度，还可以通过将学习看成是一个分布式共同体。在这一共同体里，工具扮演中介（mediating）的角色，知识通过合作活动建立起来。

1992 年，艾伦·柯林斯首次使用了“设计实验”这一术语。这与赫布·西蒙（Herb Simon）的经典著作《人工科学》（The Sciences of the Artificial）（Simon，1969）有关。在该书中，赫布·西蒙区分了自然科学和人工科学或设计科学。他在研讨报告——“教育中的设计科学”（Toward a Design Science of Education）中写道：

> 今天不一样的是，一些世界上最出色的人都认为他们是教育中的经验主义者：他们的目标就是比较不同的设计，看谁在影响谁。技术为我们提供了强大的工具来尝试不同的设计方式，因此，教育理论可能将慢慢取代、发展

> 成为一种教育科学。但它又不能作为一门像物理学或者心理学一样的分析科学；它应该是一门更像航空学或者人工智能的设计科学……同样，一门教育中的设计科学必须决定不同的学习环境设计如何对学习、合作、动机等产生作用（Collins，1992，p. 16）。

柯林斯列出了八条允许在给定的设计空间进行探究的建议：（1）参与教师作为合作研究者；（2）对新方法进行比较；（3）给予客观的评价；（4）选择有前景的新方法；（5）专注于多种学科的专业知识；（6）结合系统的变化；（7）经常进行修正；（8）使用多种标准评价成功。他还乐观地写道："这种设计理论会致力于区分出影响不同设计成功或失败的所有变量。更甚者，它可以尝试找到变量该达到什么值可最大程度上促成成功的产生，以及不同的变量在创造成功的设计时如何相互影响"（Collins，1992，p. 19）。

143

1992年，安·布朗也出版了《设计实验：课堂情境下创造复杂干预的理论挑战和方法论挑战》（*Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings*）（Brown，1992）。她详细说明了设计实验是一个整体的工作，围绕着学习的工作环境而组织起来，通过将学习理论、学习扩散和其他有效的学习形式结合起来，控制输入变量（课堂气氛、教师、作为研究者的学生、课程、技术）和输出变量（评价、责任义务）。她还描述了她本人的专业发展经历，告诉人们，她第一次设计实验（是在自然情境中的准试验）的应用情况（Brown，1992，p. 152）。她找到了新的方法，来克服学习的两个弊端。这两个弊端是惰性知识和被动性。方法论上的障碍表现在如何将认知活动可视化，首先，这需要提高对策略、元认知的兴趣，然后，在社会情境下经过导向性教学和交互式教学来促进兴趣的提高。从配对教学策略（paired instructional strategies）到学习者共同体的转变促进了设计研究的发展。布朗认识到需要产生大量更丰富的数据资料，包括小组工作、观察、学生文件夹，以及其他交流、互动的记录，这些是民族志法研究需要的。布朗的文章也描述了她首次尝试方法论的对比：她将自己的工作类比成实验室研究或者设计研究。她写道："尽管只是在实验室里，但从发现到运用，由表及里的发展，这些都被认为是与研究的持续时间相关，对课堂的研究工作表明：改变是基于知识的，由在小区域内且不足一年的时间，慢慢发展到大部分区域内且横跨几年。"（p. 153）她倡导研究者应该将实验室和教室都看作是可能促进理论进步的场所，不需要对两者划分先后。她讨论了很多的选择性问题，包括是采取具体、个别的方法还是以特殊规律为依据的方法，需要长期还是短期的持续时间，该进行定量还是定性分析等。她总结说道，选择混合的方法，要引用学生思维随时间的推移有所改变的特殊证据。但是，她也预测所使用的方法将要受到批判，因为这样的方法产生大量的信息，对数据的选择偏好会受到质疑，因为这些偏好可能会导致对数据的错误

重现和表述。

设计实验的最新发展和理论的作用

柯林斯等人（Collins, 2004）评价了“设计实验”的历史，总结了方法论如何演化成为一种创造设计科学的方法，以研究在真实世界里的学习现象，不再局限在狭窄的测量范围内，在形成性的发现中开展研究。在第一个案例中，他们评论说，设计科学需要提供足够的详细说明，避免实施过程产生“致命的突变”（Brown & Campione, 1996），同时他们也意识到：

> ……设计中实施的步骤需要很多的决策，这些决策很可能超过了设计本身的范畴。这是因为没有一种设计可以很详细地把所有的细节都设计出来，而且因为实施过程中参与者也需要经常决策以决定每一阶段该如何做。教育中的设计可以大致地详细说明，但也不能完完全全描述所有细节。依据具体的实施作出设计的评价，这些会因为参与者的需求、兴趣、能力、阐释、交互和目标而有所变化。（Collins et al. , 2004, p. 3）

他们也同意发展设计中“逐渐细化”的观点，与日本自动化工厂的不断修正策略类似，为的是提高质量。在第二个案例中，他们将设计看成一个“整合的系统”，这个系统中的各要素同时起作用。因此，他们认识到设计实验应该依赖于多种独立变量，需要对变量进行描述而不是对变量进行控制。就理论方面而言，他们将检验假设和“开发文档”（developing a profile）进行比较。他们详细说明了设计报告应该包括设计的目标和要素、实施的情境、每一阶段的描述、所得的结果和所学习的课程。在最后部分，他们认为需要发展设计实验综合版本，该版本包括：（1）动态变量（climate variables），如参与、合作、冒险和学生管理；（2）学习变量，如内容知识、技巧、倾向性、元认知策略；（3）系统变量，如可接受性、传授面、可测量性、可用性和成本。

144

设计研究的完善程度成为当前研究的依据，这是以前研究所欠缺的。设计试验中一个普遍观点认为，要详细说明变量在描述事物时的局限。运用变量特征的方法，加上设计试验理论的发展，取代了对假设试验的精确阐释。设计实验还需要更复杂的结果测量，需要考虑更多的认知和情感因素以了解效果的影响范围。最后，设计研究的方法与实践相联系，当研究在复杂的实践中开展时，需要考虑设计实验方法的可用性、传授面、有效性和可接受性（Collins et al. , 2004; Confrey, Castro-Filho, & Wilhelm, 2000; Fishman et al. , 2004）。

在《教育研究中的设计实验》中，科布等人（Cobb, et al. , 2003）认为设计研究的目的是“开发一系列关于学习过程和支持学习的方法的理论，这种学习可

以是个体学生、课堂共同体、专业教学共同体、学校或学区所进行的学习”(p. 10)。方法论的五个明显特征适用于所有不同类型的实验中。它们：(1) 是基于设计的，(2) 是干涉主义而不是自然主义的，(3) 具有理论生产性，(4) 是迭代的，(5) 生态意义上是有效的，也是面向实践的。

设计研究中理论的价值在于深度细化。如同莱什和凯莉（Lesh & Kelly, 2000）的分层教学实验以及康弗里和拉钱斯（Confrey & Lachance, 2000）的猜想研究，科布等人（Cobb, et al., 2003）认为不同的探究阶段需要不同的理论。他们都着重指出设计实验倾向于强调理论范围的中间阶段，这个中间阶段使理论面向实验中特殊的情况，并可以很快作出反应。迪塞萨和科布（DiSessa & Cobb, 2004）辨析了这种方法论中理论建构的四种运用：(1) 重要的理论（如皮亚杰的智力理论）；(2) 面向框架的研究，以确定科学家之间的社会从属关系；(3)“领域内特定的教学理论”是“需要对重要学科思想进行概念化分析的”，也是具有“启发性价值的”；(4) 本体论的革新。这些学者主张：领域特定的教学理论“根植于关于学习过程和学习‘设计’方法的实验假设之中”，其特色是依赖于“已经建立好的理论结构”，但这样也限制了“数学能力方面的细化和概念重构，或更好地处理实验中情境的复杂性和多样性”的能力（p. 83）。这些学者提出了“本体论革新”的观点，这要求寻找和证实世界里一类新的存在，如元表征能力（metarepresentation competence）和社会数学（socio-mathematical）规范（DiSessa & Cobb, 2004）。

这种处理理论的方式其作用在于引导研究者寻找可能出现在教学环境和新的学习任务中的新的理论架构。对学习内容、媒介方法和实践形式进行反思和探索是设计研究的特点，也表现了它让人深思的特性。但目前不清楚为什么这种革新被认为是“本体论的”而不是“认识论的”；这可能并不重要，它看起来放弃了实践主义的立场。从这方面来讲，方法论最重要的是认识这种理论架构需要为多种课堂行为、言论和交互的类型提供解释说明，需要弄清楚理论架构通过各种各样的结果测量后对学习有系统的影响作用，必须体现相当高水平的预测性，必须在学生中检验它的稳定性、持久力、潜伏期和分布状态。

145

在较为广泛的讨论中，我认为设计研究的首要贡献是阐明了“概念通道”(conceptual corridors) 为特定领域的学习内容提供了指导方法。设计实验的目标是表述两个相关的概念：概念通道和概念轨迹（conceptual trajectory）。概念通道是一种理论架构，描述了引导学生成功学习概念内容的可能通道。在任何特定的教学事件中，就是说，在一个设计实验中，学生通过特定的概念通道全面理解特定的概念轨迹。实验设计要求获取一个或多个特定轨迹及其变量数据的相关记录。不管是为了任何特定系列的教学事件，还是为了全面理解概念轨迹（学生中有很多的变量），教师都需要了解哪些是引导学生的有效路径。不过，实验的目标更广泛：要建立一个包含所有概念通道的模型和概念轨迹的描述。

从这个理论角度来看，有效教学依赖于教学设计者建立的概念通道的合理性，以增强有效的概念轨迹。设计研究可以看作是建立和确定多种全面理解概念通道的研究。设计和任务的顺序产生了一系列的限制。了解学生的先前知识，在学生先前知识基础上进行建构，是引领学生进入概念通道的方法之一。创造初始问题挑战或者不确定的情境，就类似向学生发出进入问题的邀请。预测学生反应和参与形成性评价可以为学生创造一系列的导航标志，这些导航标志可以帮助学生全面理解概念通道。这一成功的导航会产生一些支持学生的概念工具，这些工具可帮助学生进入并越过下一个概念通道。教学也应该加强学生对导航工具的理解。导航工具指：学习项目中的问题和兴趣点；分享不同的方法；提供周期性的开始协商协议或终止协商协议的机会；为语言建立表征、镌刻或一般含义；提供足够的实践；建构阐释、评论和讨论的模式。如果教师熟悉这些导航工具，他们可以预先为将来的教学提供合适的脚手架。图9.1表现了通道和轨迹之间的关系。

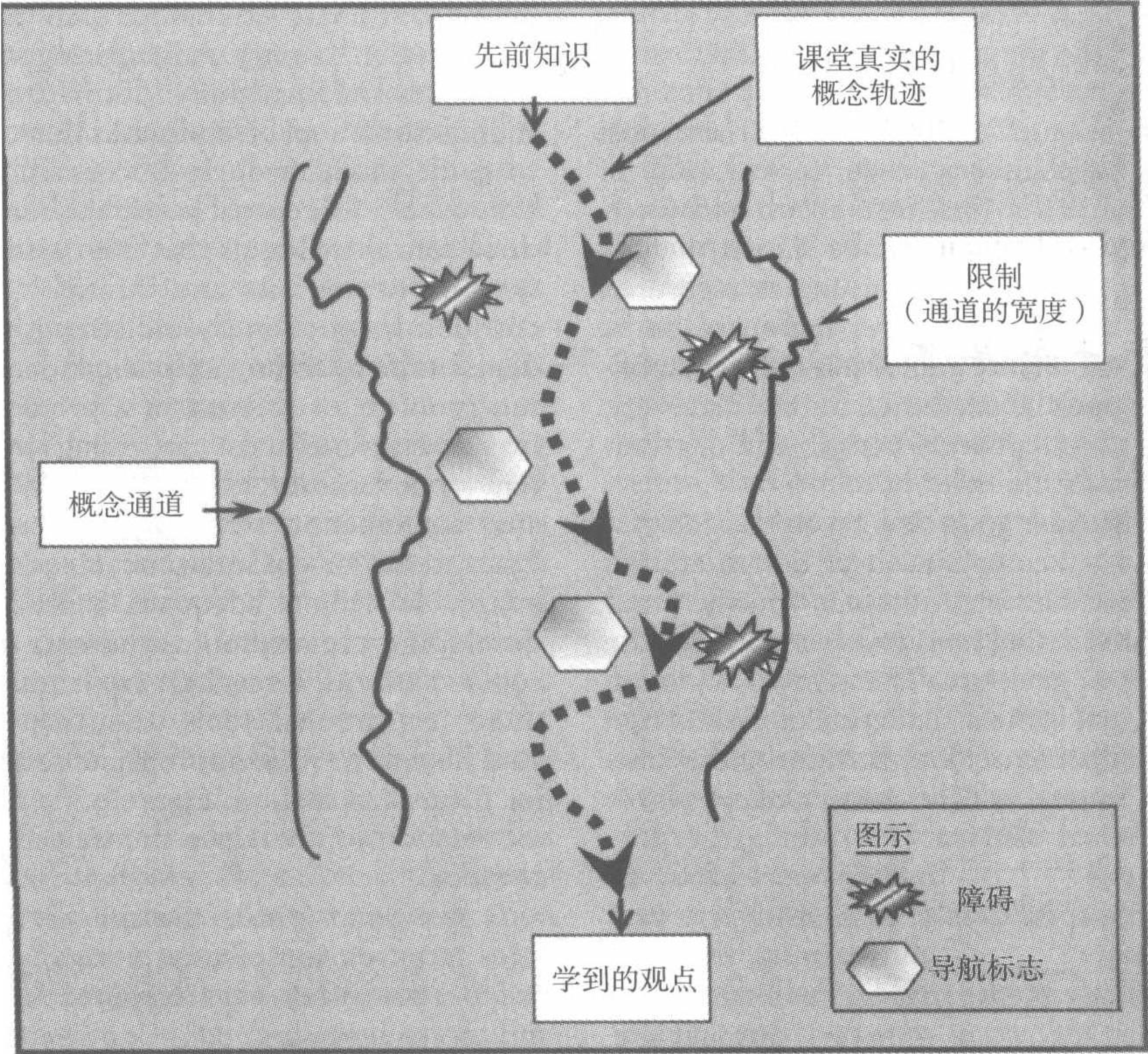


图9.1　设计实验的目的

关键的一点是人们从来没有对概念通道进行全面的或严格的描述说明，因为通过其他方式，如通过了解一种观念、序列分析及限制，它也是可以实现的，也　146

正是这一点允许了概念通道的发展。然而，教师需要类似文件夹形式的指导方法去组织概念轨迹，不需要像课程安排那样严格，但要像智力空间一样，使学生得到进步。这些就是方法论工具，可以证明人们如何发现“发生认识论”的重要性，并且在认识到实用主义者关于实践复杂性和不确定性的观点时，向人们举例说明发生历史法。

设计研究本质上是迭代的，因为研究者记录一个小组随时间的推移而产生的变化，并建立概念通道和概念轨迹的模型。作为一种迭代的研究，要对其发展与演化中的相同性和相异性进行比较。

设计研究还需要其他方法作为辅助。很多研究者认为，这与临床研究或者基于实验室的研究有关（Barab & Squire，2004；Brown，1992）。然而，另外一些人认为这种研究的成果与课堂评价、大规模评估或者民族志研究联系比较紧密。（Confrey et al.，2000；Fishman et al.，2004）。

因为设计研究符合生态上的有效性，所以它具备将研究向实践扩展的潜能。很多研究者告诫人们，这种有效性也是有局限的，因为课堂上一般没有这么多支持，它更加紧密地与责任体制挂钩，缺少实验中特有的达到专业发展的途径（Fishman et al.，2004）。为了加强实验向实践的转变，研究者推荐，设计研究应该预测课堂的需要，强调开始工作将会遇到的有用的、可靠的、持续的问题（Confrey & Lachance，2000；Fishman et al.，2004）。

设计研究是否科学？探讨其成立的证据

设计研究一直以来都受到很多批评，特别是由于最近美国联邦政府提倡实验研究，认为实验研究很有价值，希望实验研究可以建立和生物、物理科学这些研究类型一样明确的因果关系。类似“我们是否应该相信设计实验”（Shavelson et al.，2003）这样的问题，最初是在《教育科学研究》（*Scientific Research in Education*）报告中提出的，如果只是根据这个报告建立的标准来看，实际上这样的问题是毫无意义的。任何一个研究都要接受该研究是否科学的评判，评判依赖于该研究与所研究的问题是如何联系的。科学研究中的大部分原则（Shavelson & Towne，2002）很容易与设计研究方法论中的原则相符合：重要的问题都会被提出，都与相关理论互相联系，并具有生成性；关于该问题的一些著作成果正在以系统的方式演变；最好的研究可以体现连贯的、清晰的推理。因此，我们应该考虑的问题是：如果设计研究的目的是提供“指导旨在改进学生学习的教学决策，并经经验证实的一类理论”的知识主张，那么我们应该在什么样的情况下相信这些结果？我们又该如何解释他们？

147

对设计研究方法论最普遍的批评是关于研究工作的表述，重复研究的可能性，还有设计研究的可推广性、因果关系或机制的证据问题（Shavelson et al.，

2003)。上面这些有根据的问题是学习科学家提出的两个典型方面：第一，设计研究类似于案例学习和民族志法，在研究的过程中，研究者寻求给出不同层次的细节和详细的说明，这些细节和详细的说明是关于随着时间推移的复杂互动，而不仅仅是建立一个更为广泛的和具有表现力的模式。第二，设计研究不是把小型研究按比例地扩大到更为一般性的实践中去；相反，它们常常提供方法信息，帮助教师将已有经验运用到实践中，这些方法是教师们感觉迫切需要的。伴随着课程的发展和评价，或者更广泛的教学上有效研究形式的出现，这些常常成为系列研究阶段的基础。

很多设计研究都涉及典型性和可推广性的问题。戴德（Dede，2004）批评设计研究是"属于潜概念化的和超越方法论的研究方法"，他进一步解释说，由于关注设计原则的变化，而限制了设计中的"自由发挥"和探究部分。此外，他还认为，误用所得到的数据（大约 5%），意味着收集数据工作超出了实际处理的范围。这些批判可用先前提到的方法论方面的内容回应。对初始猜想的清晰而具体的描述可以预测出需要作出变化的部分。关注研究团队的活动日志和讨论记录，为识别、理解，检测不同的假设提供了主要的动态资源。设计者应该系统使用那些用来记录学生表现的形成性评价。在关注庞大的数据方面，戴德说得没错：在合理重建的过程中，也就是在研究的总结分析、检测不同猜想和理解的灵活性方面，有很大的局限，但是在这个阶段里，最重要的应该是找出确定的和不确定的事件，使建构过程中的阐释无论在何时、何地、面向何人都可以清晰表达。

最后，关注探究、建模以及两者如何更好地促进学习的支架，是这些工作的基础。设计研究提出学生学习和教师学习的模型，这个模型存在于丰富的交互情境中，有不同的任务以及协商方式。在复杂的课堂情境中，理解、阐释和获得预测不是为了找到普遍的、不变的法则，而是为了通过理论、材料和教学方法，创建类似脚手架的模式，以通向成功的教学，并为特定领域的主题提供教学指导。

斯隆和戈拉德（Sloane & Gorard，2003）从模式建构的框架中就设计研究方法论总结出了一个有意思的评论，他重申乔治·博克斯（George Box）1978 年的格言："所有的模式都是错误的，但是有一些是有用的"（引自 Sloane & Gorard，2003）。他们确定了模式建立的三个阶段：（1）模式制订或者阐述；（2）模式评估或拟合；（3）模式验证。他们列出了模式制订阶段的六个目标：（1）简洁而又充分的描述；（2）数据可比较性；（3）对先前描述的理论关系的证实或者驳斥；（4）对错误部分的理解；（5）评价标准的提供；（6）对内在过程的实证理解。他们指出，设计研究特别关注模式的制订和其本土验证，他们不再强调从实验到模式的数据是否合适，不再明显地忽略模式的验证。不少人认为，数据对模式的拟合性是设计研究固有的，是实验的迭代性固有的，同时，更大范围的模式验证需要在不同的方法论下才能获得有效的研究。未来的研究应该更多地检验和

探究如何更全面彻底地将以上谈及的想法运用到设计研究中。

目前几乎没有人讨论设计研究应该如何更充分地体现“均衡”问题。我认为这是研究中的失误，说明当前研究中的一些工作缺乏足够的背景多样性。此外，弗林布杰格（Flyvbjerg，2001）向所有的社会科学工作者提出了一个问题，“在权力关系中谁取胜了，谁落败了？”我们也应该向设计研究问这个问题。此外，我们还要关注知识在班级成员之间是如何分配的，知识是通过何种途径进行共享、分类、授权、获取的（Confrey & Maker，2005）。

讨论和总结

在本章的开始，我引证了《教育中的科学研究》和承认设计学习方法论中有潜力的、可发展的一面及其不完善的一面。结束时我反复强调这项工作最根本的作用是它有创造教学理论的潜力，可尽可能地解决教育中存在的弊端。在国家研究委员会（National Research Council）最近出版的《课程效能评估》（*On Evaluation Curricular Effectiveness*）中，作者告诫我们，不加批判地接受经验主义的观点，可能导致不能正确识别课堂教学中的关键因素。他们认为经验主义依赖于理想条件，总倾向于把内部效度与外部效度进行交换。此外，当谈到学习过程的适应性时，反馈是关键的因素，这样就引发了另一问题，“原因—结果”的研究是否是促进课堂实践的最好方法？

> 值得指出的是，委员会成员讨论的话题并不新，但在复杂的领域中却有着很长的历史，这些领域早就意识到科学方法的局限性。生态学、免疫学、流行病学、神经生物学在使用不同的方法方面提供了大量的例子，包括动力系统、游戏理论、大规模的仿真和基于代理技术的模型，即使是在设计实验中，这些都被认为是重要的方法。我们不是生活在一个固定的范围内，因此，任何的干预或者系统的动荡（例如，新课程的实施）都会改变这个范围。研究者选择一个自身特有的聚合水平（常常被认为是有用的），而又不能检验所选择的研究成果的有效性，这一事实不仅是常见的，也是极其有限的（有效性）。（Confrey & Stohl，2004，p. 64）

研究设计为这一领域提供了一种方法论，试图识别课堂实践的复杂性，给教师提供需要的观点以帮助他们完成具有挑战性的工作。在此过程中，他们的成功依赖于研究者能够在何种程度上描述他们试图创造的各种知识，并且保证这些知识的来源可靠。

致谢

本章作者向艾伦·马洛尼（Alan Maloney）博士、西贝尔·卡扎克（Sibel Kazak）女士和基思·索耶博士在本章准备和编辑过程中给予的帮助表示感谢。

149

参考文献

Ackerman, E. (1995). Construction and transference of meaning through form. In L. P. a. G. Steffe, J. (Ed.), *Constructivism in education* (pp. 341 – 354). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 1 – 14.

Brown, A. L. (1992). Design esperiments: The oretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2 (2), 141 – 178.

Brown, A. L., & Campione, J. (1996). Psychological theory and the design of innovative learning environments: On procedures, principles, and systems. In L. Schauble & R. Glaser (Eds.), *Innovations in learning: New environments for education* (pp. 289 – 298). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Cobb, P. (2000). Conducting teaching experiments in collaboration with teachers. In A. E. Kelly & L. R. A. (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 307 – 333). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Cobb, P. (2002). Modeling, symbolizing, and tool use in statistical data analysis. In K. P. E. Gravemeijer, R. Lehrer, B. v. Oers & L. Verschaffel (Eds.), *Symbolizing, modeling and tool use in mathematics education* (pp. 171 – 195). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32 (1), 9 – 13.

Cobb, P., & Steffe, L. P. (1983). The constructivist researcher as teacher and model builder. *Journal for Research in Mathematics Education*, 14 (2), 83 – 94.

Cohen, D. K., Raudenbush, S. W., & Ball, D. L. (2003). Resources, instruction, and research. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 25 (2), 119 – 142.

Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In E. Scanlon & T. O'Shea (Eds.), *New directions in educational technology* (pp. 15 – 22). Berlin: Springer-Verlag.

Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 15 – 42.

Confrey, J. (1988, October). *Multiplication and splitting: Their role in understanding exponential functions*. Paper presented at the annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. DeKalb, IL.

Confrey, J., Castro-Filho, J., & Wilhelm, J. (2000). Implementation research as a means to link systemic reform and applied psychology in mathematics education. *Educational Psychologist*, 35 (3), 179 - 191.

Confrey, J., & Lachance, A. (2000). Transformative teaching experiments through conjecturedriven research design. In A. E. Kelly & R. A. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 231 - 265). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Confrey, J. (Producer/Writer), Lachance, A. (Producer/Writer), & Hotchkiss, G. (Producer/Writer). (1996). *In the voices of children.* [Videotape]

Confrey, J., & Makar, K. M. (2005). Critiquing and improving the use of data from high-stakes tests with the aid of dynamic statistics software. In C. Dede, J. P. Honan, & L. C. Peteres (Eds.), *Scaling up success: Lessons learned from technology-based educational improvement* (pp. 198 - 226). San Francisco: Jossey-Bass.

Confrey, J., & Stohl, V. (Eds.). (2004). *On evaluating curricular effectiveness: Judging the quality of k-12 mathematics evaluations.* Washington, DC: National Academy Press.

DBRC. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5 - 8.

Dede, C. (2004). If desig-based research is the answer, what is the question? Commentary on Collins, Joseph, and Bielaczyc; diSessa and Cobb; and Fishman, Marx, Blumenthal, Krajcik, and Soloway in the JLS special issue on design-based research. *Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 105 - 114.

Dewey, J. (1981). *The philosophy of John Dewey: Volume I the structure of the experience, Volume II - the lived experience.* Chicago: University of Chicago Press.

150

diSessa, A. A. (2004). Students' criteria for representational adequacy. In K. Gravemeijer, R. Lehrer, B. v. Oers, & L. Verschaffel (Eds.), *Symbolizing, modeling and tool use in mathematics education* (pp. 105 - 130). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

diSessa, A. A., & Cobb, P. (2004). Ontological innovation and the role of theory in design experiments. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 77 - 103.

Duckworth, E. (1996). *The having of wonderful ideas.* New York: Teachers College Press.

Elkana, Y. (1974). *The discovery of the conservation of energy.* London: Hutchinson Educational, Ltd.

Elmore, R. F. (1996). Getting to scale with good educational practice. *Harvard Educational Review*, 66 (1), 1 - 26.

Fernandez, C., & Yoshida, M. (2004). *Lesson study: A Japanese approach to improving mathematics teaching and learning*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Fisher, C., Dwyer, D., & Yoacam, K. (Eds.). (1996). *Education and technology: Reflections on computing in classrooms.* San Francisco: Jossey-Bass.

Fishman, B., Marx, R. W., Blumenfeld, P., Krajcik, J., & Soloway, E. (2004). Creating a framework for research on systemic technology innovations. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 43 - 76.

Flyvbjerg, B. (2001). *Making social science matter: Why social inquiry fails and how it can succeed again* (S. Sampson, Trans.). Canbridge: Cambridge University Press.

Gee, J. P. (1999). *An introduction to discourse analysis: Theory and method.* New York: Routledge.

Gravemeijer, K. P. E. (1995). *Developing realistic mathematics instruction.* Utrecht: Freudenthal Institute.

Greeno, J. G. (1997). Theories and practices of thinking and learning to think: Middle school mathematics through applications project. *American Journal of Education*, 106 (1), 85 – 126.

Greeno, J. G. (2003, November). Positioning, problematizing, and reconciling: Aspects of productive cognition and learning in a situative perspective. Paper presented at a conference, "Theorizing Learning practice," University of Illinois, Champagne-Urbana.

Hawkins, D. (2002). *The informed vision: Essays on learning and human nature.* New York: Algora Publishing.

Kantowski, M. G., Steffe, L. P., Lee, K. S., & Hatfield, L. H. (1978). *The soviet "teaching experiment": Its role and usage in American research.* Annual Meeting of the National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). San Diego, CA.

Kegan, R. (2000). What "form" transforms? A constructive-developmental approach to transformative learning. In J. Mezirow & Associates (Eds.), *Learning as transformation: Critical perspectives on a theory in progress* (pp. 35 – 69). San Francisco: Jossey-Bass.

Lagemann, E. C. (2002). *An elusive science: The troubling history of education research.* Chicago: University of Chicago Press.

Lakatos, I. (1976). *Proofs and refutations: The logic of mathematical discovery.* Cambridge: Cambridge University Press.

Lakatos, I., & Feyerabend, P. (1999). *For and against method.* Chicago: University of Chicago Press.

Lehrer, R., & Pritchard, C. (2002). Symbolizing space into being. In K. Gravemeijer, R. Lehrer, B. v. Oers, & L. Verschaffel (Eds.), *Symbolizing, modeling and tool use in mathematics education* (pp. 59 – 86). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Lehrer, R., & Schauble, L. (2004). Modeling natural variation through distribution. *American Educational Research Journal*, 41 (3), 635 – 679.

Lesh, R. (1999). The development of representational abilities in middle school mathematics: The development of student's representations during model eliciting activities. In I. E. Sigel (Ed.), *The development of mental representation* (pp. 323 – 349). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Lesh, R. A., & Kelly, A. E. (2000). Multitiered teaching experiments. In A. E. Kelly & L. R. A. (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 197 – 230). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Merrill, D. M. (2001). Toward a theoretical tool for instructional design. *Instructional Science*, 29 (4 – 5), 291 – 310.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas.* New York: Basic Books.

151 Pea, R. D. (1987). Cognitive technologies for mathematics education. In A. Schoenfeld (Ed.), *Cognitive science and mathematics education* (pp. 89 - 122). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Assocates.

Piaget, J. (1976). *The child's conception of the world.* Totowa, NJ: Littlefield, Adams, & Co.

Reeves, T. C. (2000, April). *Enhancing the worth of instructional technology research through "design experiments" and other developmental research strategies*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association. New Orleans, LA.

Scarano, G., & Confrey, J. (1996, April). *Results from a three-year longitudinal teaching experiment designed to investigate splitting, ratio and proportion.* Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New York, NY.

Shavelson, R. J., Phillips, D. C., Towne, L., & Feuer, M. J. (2003). On the science of education design studies. *Educational Researcher*, 32 (1), 25 - 28.

Shavelson, R. J., & Towne, L. (Eds.). (2002). *Scientific research in education.* Washington, DC: National Academy Press.

Simon, H. A. (1969). *The sciences of the artificial.* Cambridge, MA: MIT Press.

Simon, M. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26 (2), 114 - 145.

Simon, M. A. (2000). Research on the development of mathematics teachers: The teacher development experiment. In A. E. Kelly & L. R. A. (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 335 - 359). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Sloane, F. C., & Gorard, S. (2003). Exploring modeling aspects of design experiments. *Educational Researcher*, 32 (1), 29 - 31.

Steffe, L. P. (1991). The constructivist teaching experiment: Illustrations and implications. In E. von Glasersfeld (Ed.), *Radical constructivism in mathematics education* (pp. 177 - 194). Boston: Kluwer Academic Publishers.

Thompson, P. W. (1979). *The constructivist teaching experiment in mathematics education research.* Paper presented at the Annual Meeting of the National Council of Teachers of Mathematics, Boston, MA.

von Glasersfeld, E. (1982). An interpretation of piaget's constructivism. *Revue Internationale de philosophie*, 36, 612 - 635.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and language* (A. Kozulin, Trans.). Cambridge, MA: MIT Press.

第10章

基于设计的研究

——学习科学家的方法论工具集

萨莎·巴拉布

基于设计的研究（design-based research，DBR）主要研究特定环境中的学习过程。研究者设计特定的环境，并系统地对环境作出改变。基于设计的研究，其目的是对一个简单的学习环境进行细致深入的研究。这种深入的研究通常发生在真实的情境中，要经过多次的迭代实践，以发展新理论、产品和可以在其他学校或者班级推广的实践。科布等人（Cobb et al.，2003）在描述基于设计的研究时说道：

> 设计实验最大的特点是，承担了“设计”特定学习方式和在境脉中系统地研究这些学习方式的两大任务。这里的境脉根据支持其存在的方式而定。这种设计好的境脉需要在实践中进行测试和修正。而连续的迭代就相当于实验的系统变量。（p. 9）

设计的过程不仅仅让研究者简单地了解世界是什么样的，而且还包括如何有效地改变世界，以及检验系统的变化是如何影响学习和实践的（Barab & Squire，2004）。这一创新点使得基于设计的研究方法成为发展新理论、新实践的有效方法。

理解基于设计的研究的方法之一是通过帕斯特象限（Pasteur's Quadrant）（Stokes，1997；见图10.1），这一象限模型概括了科学研究的特征，其中左上方的象限里包括的基础研究只包含单一目标，即那些不考虑应用，只考虑扩展知识的纯基础研究；右下方的象限主要是纯应用的研究，不扩展这些应用现象蕴涵的理论知识；右上方的象限，是设计研究所在的象限，既寻求扩展认识的边界，又受到应用目的的影响（Stokes；1997，p. 74）。巴拉布和斯奎尔（Barab & Squire，2004）认为，“诸如此类的探究系统可能较少地延续了实证主义科学传统或者民族志探究传统，更多的是从探究的实用路线中获得认识。这时判断理论是否有效，不

是看它们是否符合真实，而是要看理论在实践中是否行得通（Dewey，1938，p. 6）。基于设计的研究者要展示研究中的局部影响，同时，研究者也要使这种局部影响有依据可寻，即能够从正在发展中的特定理论中找到这些影响的依据。

		应用的考虑	
		否	是
寻求总体理解	是	纯基础研究（玻尔）	由应用引起的基础研究（巴斯德）
	否		纯应用研究（爱迪生）

154

图 10.1　科学研究的象限模型

基于设计的研究不仅仅是简单地汇报学习成果：它既要有对研究结果的详细描述，也要有对研究过程的观察评价。这样，整个研究的开展和结果才可以被其他人再次运用。这类研究的分享涉及方法论使用的精确性和理由说明的充分性，以方便他人对该研究价值作出判断，也方便他们将该研究联系到自己的创新情境中。有评论家指出，非实验方法产生的解释（interpretation）充其量只是提供形成性的观点，它还必须通过更多的控制性实验来验证。但是，基于设计的研究并不是简单地对先前实验的重复或是持有严谨态度就能进行的研究。这一研究模式的丰富意义就在于其本身——设计研究就是研究的最终产品之一。一个阐述得很详细且经过严谨执行的设计可以支持斯塔克（Stake，1995）所说的“微小的泛化”（petite generalization），也就是说，它可以为其他研究者在研究中可能遇到的机遇和挑战提供启示，同时也能引导其研究更有效地开展。

根据众多的教育研究者和反对将实验设计作为标准的人们的说法，如果研究中的理论主张要具有解释真实世界的价值，那么人们就要认识、理解真实世界实践里杂乱的状态，还要将这些状态融合成为要创建的理论与观点的一部分。从这个角度来看，在实验室或者人为的情境中，把教和学作为两个分离的变量来检验必定导致我们片面的理解，也可能会导致研究者所构建的理论不完整。要告诉人们在真实实践中该如何执行特定变量，比起实验研究中简单揭示单一变量，如何运用理论、大量的研究和案例陈述更具有显著意义。在学习环境中，所谓的混合变量必然会出现，而且，如果研究的发现与实践者相关，我们就需要考虑（而不是控制）这些混合变量。情境不仅仅是装载学习发生“规律”的容器，而且是复杂因果机制中的必不可少的部分，是这种复杂因果机制导致了我们所研究的现象（Maxwell，2004）。

如果研究者只是研究可控制条件下的现象，那么他们就很可能只发展人为控制的因素，而脱离基于情境发展的交互动力学理论。相反，学习科学提倡在真实

学习环境中创设学习活动和改变学习方式。学习科学的研究不是发生在实验室或者哲学家头脑中的，而是发生在自然情境中，它会涉及很多复杂的变量、行政议程、多选择的假设以及严谨有序的实验，很少出现随机任意的实验。基于设计的研究涉及从理论上的改革创新，通常是在某一学习环境下强调局部问题。尽管体现局部效果是基于设计的研究追求的重要要素之一，但它最关注的还是同时进行设计和产生新理论。巴拉布和斯奎尔（Barab & Squire，2004，pp. 5－6）指出：

155

> 虽然提供局部效果的可信依据作为特定设计的结果很重要，但是这还不够。基于设计的研究要求的不仅仅是简单展示特定的设计工作，还要求研究者产生基于证据的学习理论陈述，这些理论陈述关注当前的理论问题，促进该领域内理论知识的进一步发展。

换言之，在解决一个局部问题时，设计工作应该包括产生理论，要有证据说明设计是有用的，是理论发展的必需品。

为了进一步深入描述，研究者（即研究学习环境和优化理论的人）经常改善学习环境。因为学习科学研究的重点不仅是观察研究的实施过程，还包括系统地建设学习情境以促进理论的产生和发展（Barab & Squire，2004）。这类研究需要新的方法论——基于设计的研究。基于设计的研究与其说是一种方法，倒不如说是各种方法的集合。它要求研究自然情境中的活动，研究者不仅要设计活动，而且要在研究的过程中系统地改变这些活动，以促进理论的发展，并同时对实践产生直接的影响。在本章中，我主要描述这种研究是什么，如何开展，以及为什么要开展这种研究。

背景界定

一般认为，基于设计的研究最初是由安·布朗（Ann Brown，1992）和艾伦·柯林斯（Allan Collins，1992）提出的。这是在真实生活情境中开展研究和设计工作的新方法，在复杂的学习环境中，要测试实验设计中特定变量的因果影响是很困难的。基于设计的研究随时间改变学习环境，通过多次迭代实验处理这种复杂性，即收集有关这些变量效果的证据，并将结果递归运用到将来的设计中（Brown，1992；Collins，1992）。正如康弗里（Confrey，本书）所说，基于设计的研究对理解内在原因机制非常有用，如某一事件是如何发生的，在何种条件下特定的交互或者事件会发生（见 Shavelson & Towne，2002）。但是基于设计的研究发生在自然的情境中，它允许对多交互变量的确认和检验，由此产生对系统层次（systems-level）的理解。

推动基于设计的研究发展的另一个理念是：实验心理学中的“因素假设”

在学习环境中是没有作用的（Greeno，本书）。因素假设是指人们可以脱离特定情境去分析个体认知过程的假设。而学习科学家的核心假设则认为，个体和学习环境是不可分的，所有内容在局部的情境细节中都是相互影响和相互决定的（Brown，Collins & Duguid，1989；Kirshner & Whitson，1997；Salomon，1993）。莱夫（Lave，1988）认为：

> 我们有理由怀疑所谓的认知实际上是一个复杂的社会现象。因为头脑中的知识排列并不是一一对应于头脑外的社会中的复杂方式，而是以一种与社会无法分割的方式存在着。人们日常观察到的"认知"是分布式的——即延伸的，与思维、身体、活动和包括其他参与者的文化情境是不可分割的。(p. 1)

156

认知不是发生在头脑范围内的与肉体分离的过程，而是分布于知者（knower）、学习环境，甚至是活动的意义中（Salomon，1993）。从境脉的角度来看，研究诸如动机、元认知或者实验境脉中的学习都是科学可靠的，但是也有局限，比如缺少总括归纳性的价值（Greeo，本书）。

此外，除了在复杂的环境中理解学习和建设新的学习环境，基于设计的研究还完成了第三个目标：促进研究参与者的学习。这是因为基于设计的研究的一个核心任务是研究要带来局部影响。接下来的挑战就是推广（Dede，本书）——理解在复杂学习环境中进行研究的境脉动态（contextual dynamics），以使研究的结论可以影响其他境脉下的研究实施。这一目标是促进产生境脉中的理论。术语"境脉中的理论"表明了理论是在局部细节情境中产生的，这个词来源于吉布森（Gibson，1986）的生态心理学术语，其含义包含两个方面：一个是相对不变的方面——理论，和另外一个变化的方面——境脉。基于设计的研究应该描述理论及细节，以便让其他人在一定程度上依据这种理论，结合其局部细节使这些"境脉中的理论"重新境脉化（recontextualize）。

理解理论、设计、实施之间关系的一种方法是根据杜威（Dewey，1995）的实践理念——将理论运用到行动中。按照杜威的说法，实践不是一个单向性的过程，而是一个交互的、涉及探究的过程。理论和实践在这个过程中相互影响。康弗里（Confrey，本书）评论实践的过程时说：杜威"认识到，在事情的最开始，（通过探究活动）将有疑问的问题转换为假设具有不确定性，随着事情的发展，最终（将问题）转换为具有确定性的情形，产生一系列的知识陈述"（p. 139）。按照这种方式，理论可以来自于行动，正如行动来自于理论一样。基于设计的研究被认为是实践的一种形式，它将设计和实施作为实践的环节。杜威的交互实践理念进一步暗示了由于局部细节的不同，实践中的理论（和设计）会被曲解，即使在合理的理论指导下也很有可能导致致命的设计突变。康弗里也认为，基于设计的研究产生解释性的框架，"这种框架表明一个人不可以将任何事情都预测

精准，因为每件事情的实现都是不同的，但是多件事情的实现就会产生一定的发展倾向，这样便可以指引决策的制定和一些参数的设置”（p. 139）。就这点来说，要促进境脉中的理论发展，很重要的是要将理论和境脉细节联系起来，并在境脉中实现理论。基于设计的研究是完成这种过程的最合适方法。

定义基于设计的研究

执行基于设计的研究，要求提出有意义的问题，这些问题可运用实证的方法进行调查；要求研究工作要与理论相互联系；要求提供一致、清晰的推理线索；要求揭示研究数据和方法，以促进专家的详细审查和批判；要求运用可信的方法论进行实践，产生有用的知识陈述（Shavelson, Phillips, Towne & Feuer, 2003）。这些研究工作在自然境脉中发生，涉及学习环境理论激发方面的系统结合。这样的研究告诉人们**为什么**要有特定的干预，这些干预是**如何**操作的？如果基于设计的研究要成为大众接受的方法论，以促进理论（甚至是设计）的形成，让其他人也可以运用这样的理论和设计，严格对待理论和方法是必要的。柯林斯、约瑟夫和比拉克杰克（Collins, Joseph & Bielaczyc, 1999, 2004）列举了传统心理实验方法和设计实验方法之间七种主要的不同之处（见表 10.1）。

157

表 10.1 基于设计的研究与心理实验的不同之处

	基于设计的研究	心理实验
研究地点	真实世界的学习环境	实验室
变量复杂度	多种独立变量	几个独立变量
变量处理	不是所有的变量都预先知道，有一些是在研究中突现的	预先选择了几个变量，研究中继续使用这些变量
程序演变	研究程序是灵活的，在研究中不断发展	使用固定的程序
社会交互	协作和分享伴有复杂的社会交互	个体是孤立的
结果汇报	在实践中描述设计的过程	汇报假设是否得到支持
参与者角色	实验执行者和参与者是主动积极的，并影响研究中的设计	实验执行者并不影响主体，主体也不影响设计

图 10.2 描绘了基于设计的研究的核心要素特征（设计、理论、问题、自然情境），这些要素之间是相互影响的。设计基于理论，而理论的作用和设计如何解决问题是相关的。此外，这些研究及影响并不是简单地发生在自然境脉中，理论、设计、问题与自然情境是有**交互**的，融合在一起不可分离。基于设计的研究

经常涉及多重迭代。柯林斯等人（Collins, 1999）将这种情况称为“不断修正”。每一次的迭代都是对整体设计的一次精炼（refinement），检验了改革的价值，大概也刺激了理论的演变与进化。

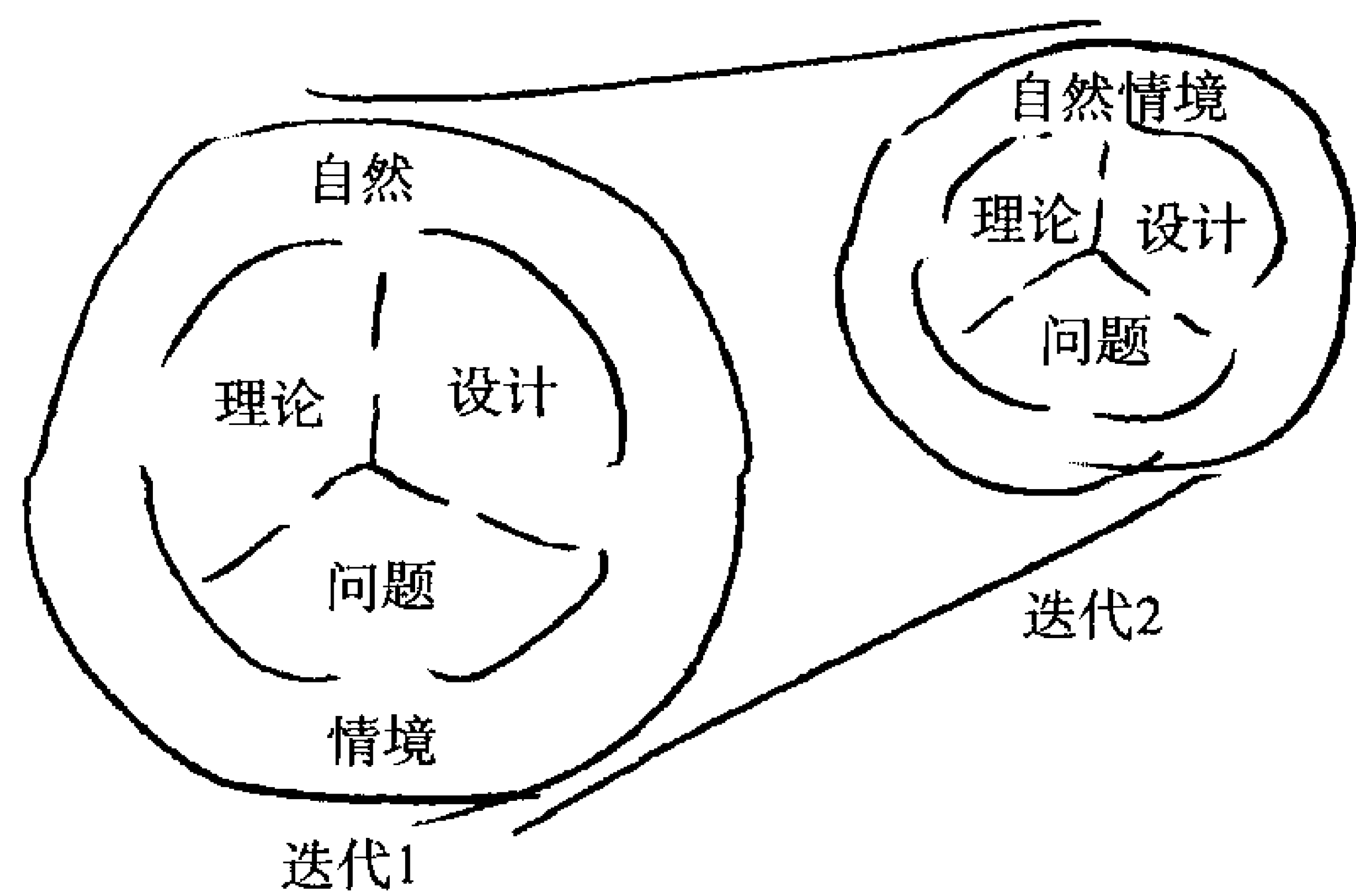


图 10.2　基于设计的研究的总体特征图

要清晰地表现理论与设计、设计与问题、理论与问题、相继的迭代之间的联系，需要严谨的方法。这种方法必须使观点、论据让人信服。对于设计研究者来说，严谨来自原则性的说明，这些说明要提供符合逻辑的推理思路，并被认为是有用的。康弗里认为，在研究中，可以从以下三个方面实现方法论证据的严谨性：

1. 实验/调查已经过充分的执行和分析；

158　2. 相关的观点是已得到证实的、有活力的，与数据、理论密切相关，并为人们所理解；

3. 观点与教育实践之间的相关性必须是明确和可行的。

采用基于设计的研究的研究者如果希望他人相信自己的理论，让自己的理论为他人所受用，就必须采用科学严谨的方法。

阐述研究结果所面临的一个挑战是：如何让他人将研究发现并运用到局部教育中。另一个挑战是：因为设计研究与实验设计不同，要取消不同的假设很困难。考虑到这些复杂的因素，研究者应该如何才能让别人信服自己所提出的观点呢？很多时候这就需要研究者在质的数据和量的数据之间取得一个平衡，但并不允许牢牢地控制实验过程。“境脉中的理论”揭示了交互的复杂性。这种复杂的交互不易处理，因此要求研究者应该执行更严密的检验。将理论运用到整个境脉是非常必要的，不仅发掘对过程的认识，也向别人表明局部取得的学习成果。在进行设计研究时产生让人信服的论点是很具挑战性的，同时也涉及发展复杂的叙述过程（Abbott, 1992; Mink et al., 1987）和建立丰富的交互模型（Lesh & Kelly, 2000），而不仅仅是汇报成果或者简单地将这些成果作为雏形来更严格地

控制下次的实验。

实践中的基于设计的研究

探究学习论坛

一个基于设计的研究的案例是我和同事花了三年时间去开发和研究的一个电子知识网络——“探究学习论坛”（Inquiry Learning Forum，ILF）（Barab et al.，2001；Barab，MaKinster & Scheckler，2003）。我们最初的目的是建立一个网站，使其成为支持数学和科学教师创建、分享和发展基于探究的教学实践的虚拟共同体。项目始于 20 世纪 90 年代末，那时网络正掀起热潮，“虚拟共同体”得到蓬勃发展——从最开始的商业交易（如 E-bay）到多用户视频游戏（如 Ever-Quest），再到数不尽的主题聊天室。正因为有这种朝气蓬勃的景象，我们最开始树立的信念是：建立吧，朋友自会从远方来！最初，我们认为最大的挑战主要是技术方面：在线设计。我们并没有考虑教师是否愿意参与对他们实践作出批判的对话，这是在线共同体的一部分。在设计研究的过程中，我们关于虚拟共同体的设计和理论概念都在不断地发展。（见图 10.3）。

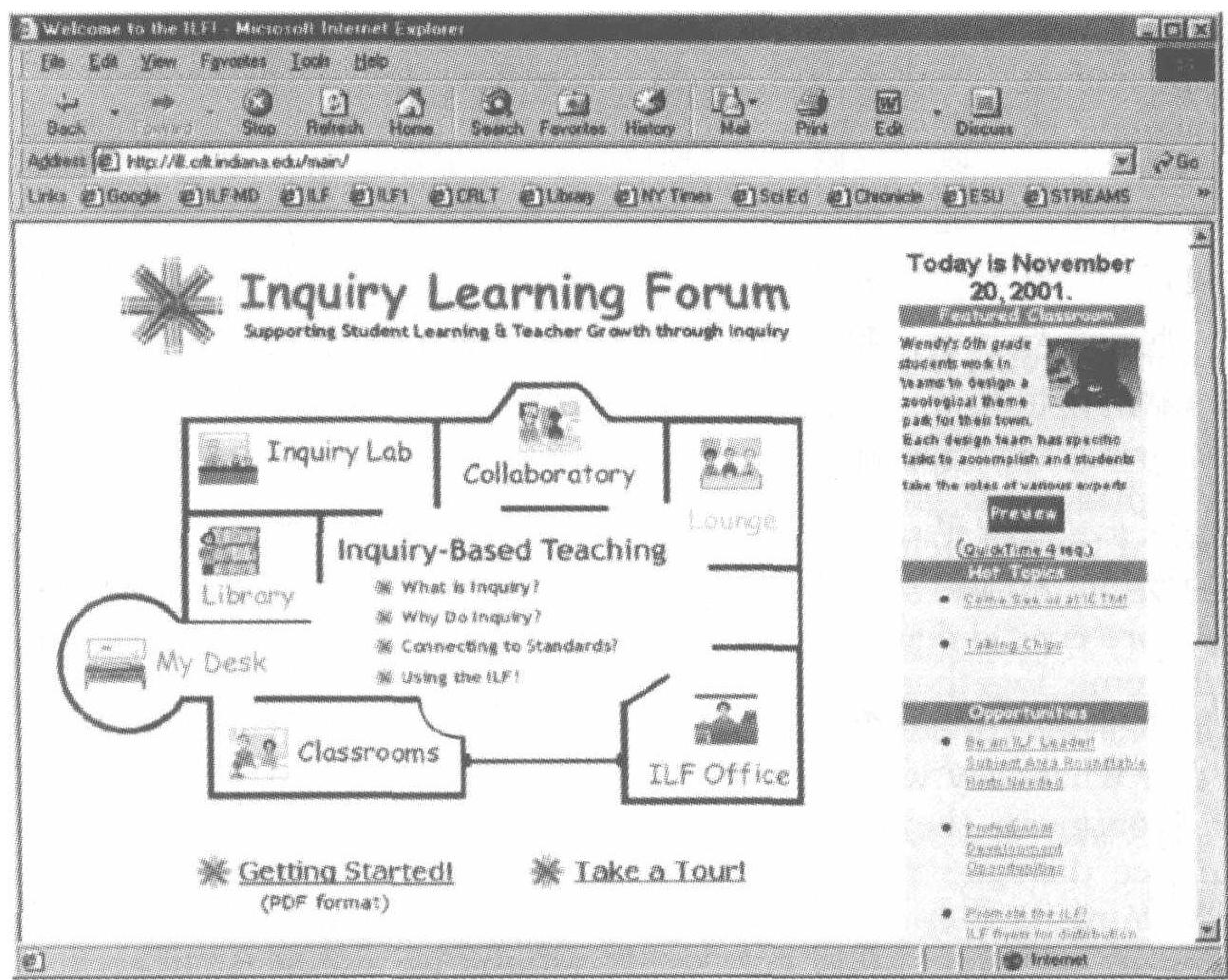


图 10.3　当前探究论坛的主页，包括了教室链接、探究论坛办公室、合作实验室、休闲室、图书馆、探究实验室和我的桌面。

在教师使用该网站5个月后，我们开始质疑最初的设计。尽管网站已经有讨论区和相关的资源，提供了表现探究的课堂录像，但是教师的参与率却非常低，虚拟课堂的浏览率尤其低。我们采访了十几位教师，他们都表示观看其他教师的探究课堂录像太费时间了。“要成为共同体的一分子”并没有成为教师关注的焦点，他们不认为需要这样一个共同体，他们要的是对教学实践有直接帮助的教学内容。在对其他教师的采访中，我们也发现了同样的需求：要想得到他们的参与，项目必须满足他们各自的需要。一位教师说：

> 你们必须有个任务的阐述。探究学习论坛要有一个强烈、明确的聚焦点。它需要有一个主题，主题要能体现教师的需求。你们需要代表的不仅仅是在线学习共同体。例如，你们可以把网站上的内容作为资源卖给那些想要使用探究教学的教师。而共同体中讨论主题应该是由教师平时提出的，也是他们平时存在的疑难问题——这可是让消费者进站的好理由。

159

在这个项目中，研究团队每周都开会商量对策，讨论观察到的现象，评价当前事态，提出不同的解释和设计的修正建议。这些都是基于设计的研究的过程。

根据参与率数据和对教师的采访，我们认识到，尽管我们理论上致力于支持在线共同体，但我们还是应该少关注共同体，要更多地关注有利于教学实践的事情。这些认识让我们对设计作了相应的修改。比如，我们的网站不像以前那样叫作“网上学习论坛”，网站和项目成为如今众所周知的“探究学习论坛”（Barab et al.，2001），这个改变反映了我们对探究学习论坛的进一步了解。最初，我们只是把这个论坛当成是关注网络的、专业发展的项目。慢慢地这个观点转变为将论坛发展成为支持学生和教师探究的项目，以个人或者工作室的形式参与到网站中。在一些相关标题中，我们也把这个观点体现到我们网站“副标题”上，最初我们网站的副标题是“建设印第安纳数学和科学教师共同体”，现在改为“通过探究支持学生学习和教师成长”。

160

这些改变并不简单地发生在我们的设计方面，而是反映了我们支持在线共同体理念的发展。特别的是，我们起初认为共同体本身仅吸引教师，但这种抽象的观点改变了，我们在实践中发现，只有所有个体为了同样的目标和实践聚集起来，共同体才可以建立起来，才会得到大家的承认。这是我们对共同体理念认识的第一个改变。第二个改变来自于我们把探究学习论坛项目看成是某一电子产品（网站）的发展。根据与教师的讨论，团队会议的讨论，以及我们对相关工作的了解，我们开始认为探究学习论坛还包括处理人、技术、资源和人员数量之间关系的事务，是人机交互模式向人人交互模式的转换。人人交互模式是指人与人之间通过计算机进行交互。这种转换是根据观察得来的。我们一直关注两位教师，希望通过他们了解到为什么网站的技术结构并没有促进教师之间批判性对话的进

行。我们让两位教师在一起同时使用探究学习论坛观察一个课堂录像，然后两位教师讨论在录像中观察到的教学。在面对面的讨论中，他们都对录像作出了比较深刻的批判，但是他们提交到网站上的评语却是相当的“仁慈”。

在采访两位教师时，我们发现：出现上述的问题不是技术原因（如可用性），而是社会方面的原因。我们认识到应该努力支持教师之间的相互批判。我们知道教师间的信任感很重要，要教师们在公开场合批判同伴教学面临很大的挑战。我们阅读了很多文献，发现批判并不是教师面对面交流的重要部分，而且批判若是出现在随处可见的网上，可以被许许多多的人看到，它就显得更可怕。教师告诉我们，如果是在小群体里围绕大家感兴趣的问题，他们在网上作评论就会感到舒坦一些。这种状况和我们观察教师在正规课堂的专业发展情况是一致的，我们阅读的关于教师专业发展和在线共同体文献也是这样认为的。通过这些理解，我们让各小组在一个更亲密的空间里合作，这个空间只有共同体的部分成员可以进入。

这些观察和我们的讨论研究让我们相信，共同体的成员指的不再是**某一个人**，而是**有特定活动范围的小组集合**。我们也在电子探究学习论坛上加设了区分私人讨论区域的功能（见图 10.4）。这除了为小组增添合作交流的虚拟空间，也显示了我们的理论概念（“共同体是由什么组成的”）发生了变化。我们不再认

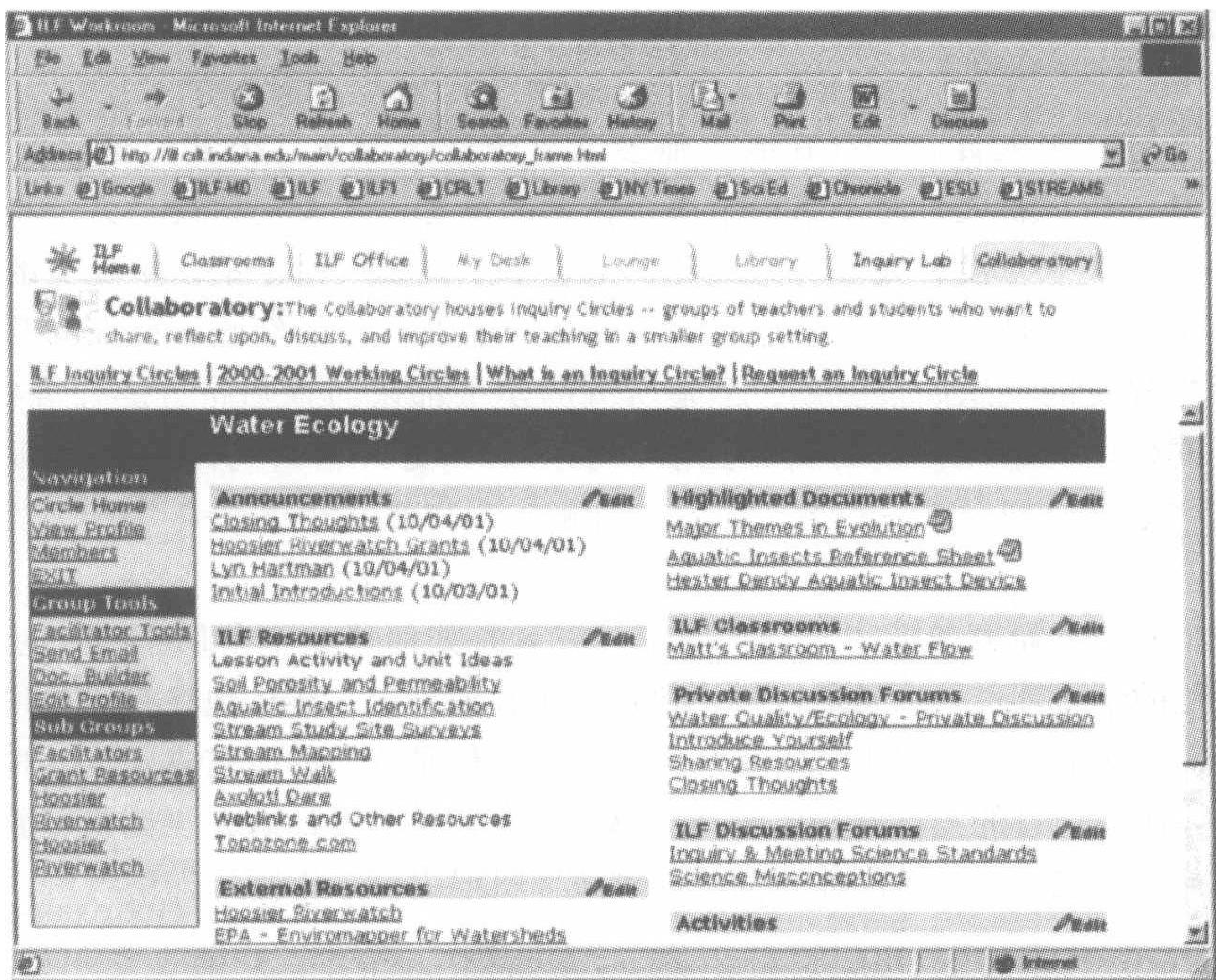


图 10.4　探究学习论坛探究周期中当前的一个迭代状况（水生态）。探究周期中的环节包括公告、重要文件、外部资源、ILF 资源、ILF 教育、ILF 讨论区、私人讨论区和活动项目。

为这个项目是包含了4 000多个个体的群组，我们开始设想支持许多共同体的项目。每个共同体都是利用探究学习论坛作为依托，但是它们又有各自的目标和兴趣。大量的数据表明，成员们更愿意在私人论坛（大约20个人一组）里提交一些评论。80%的评论提交都是出现在私人论坛里。我们也开始认识到论坛工具中"推进器"（facilitator）的重要作用。使用推进器的小组比没使用推进器的小组能提出更多具有批判性的评论。推进器成为我们支持在线共同体理论的重要组成部分。最近，我们很少考虑论坛的可用性之类的话题，而更多关注社会性的话题，比如，如何建立在线共同体成员之间的信任。更甚者，我们还到教师们的学校中进行观察，了解当地教师的专业发展情况。我们开始把探究学习论坛看成是更大型的在线和面对面交互的组成部分。这样，我们的理论从最开始的在线共同体转变为支持网络的共同体（Barab，Schatz & Scheckler，2004）。

回顾探究学习论坛的发展历程，因为数据显示了低水平的参与率，我们的采访调查、被关注组的表现等表明了我们并没有满足参与者的需求，所以我们作出这样的改变。我们将继续实施改变，再次调查参与程度，还会采访不同的成员以了解他们的看法。有时候我们还比较不同的结构改变，以更好地理解由于设计的变化所引起的不同参与程度。例如，我们发现，比起在一些公众区域，在特定活动范围的小组讨论区（探究环节）提交的评论数目要多，参与程度也较高。我们甚至还使用传统实验设计开展了多次研究。例如，梅金斯特等人（MaKinster，出版中）比较了不同的反馈，并采访了持有不同观点的教师。这些教师分别在不同的区域（私人日志、有其他教师参与的合作讨论区、公共讨论区）中开展学生教学工作。私人日志小组写了很多初始的反思，却仅把这视为另一种形式的作业，对实践练习没有太多的意义和价值；学生在私人讨论论坛中提交的反思质量普遍不高，但是有个别学生能较好地阐述自己有价值的经验；而在公共讨论论坛的学生提交的反思质量更差，但是所有的学生都认为教师布置的任务很有趣，他们在同伴之间进行积极的交流互动，也主动和更大型共同体内的教师进行交流。这些教师也把对某一种教学方式的理解、反思视为个人和合作专业发展的一个方式。

161

以上对设计研究的描述充分表明了研究者是如何通过不断修正设计过程以达到最优化的学习环境。项目的改进不仅仅体现在设计上，还体现在我们对共同体理论理解的变化上。尽管以上见解是基于项目的，但是我们的研究成果至少对正在开展共同体研究项目的人员有一定帮助。总体而言，这个设计研究项目充实了设计本身，也为网络支持下的共同体所面临的挑战和机遇提供了丰富的理论视角。

162 探索阿特兰蒂斯

巴拉布及其同事提出了"学习专注理论"（learning engagement theory）：一

种综合了教育、娱乐和义务的理论观点（Barab et al.，2005；Barab，Arici & Jackson，2005）。尽管我们假设要发展这三个要素才有价值，但是刚开始我们的理论体系还是很粗糙、抽象、空洞的。实际上，尽管我们提到了人生义务，尽管我们保证产品的设计是考虑孩子的需要，并包括有利于社会的组成部分，但本项目主要还是着眼于教育和娱乐。除了不断地修正理论，我们主要还是致力于能否设计出一个三维的多用户学习环境，可以让 9—12 岁的学生沉浸到完成教育任务的过程中。过去三年，这个理念促成了"探索阿特兰蒂斯"（QA）项目的形成，现在这个项目已经发展为一个全球性的项目（http://questatlantis.org）。

当前，有来自五个洲的 4 500 名学生在使用 QA 项目。数以百计的学生在没有老师详细提示的情况下，在课余时间完成项目内数以千计的活动。QA 项目根据角色扮演的在线游戏策略，糅合了商业游戏策略和教育研究中有关学习和动机的课程。项目让用户在虚拟环境中参加教育活动（称之为探索），与虚拟空间中的其他学员和教师进行交流，建立个人形象（见图 10.5）。探索是一门让学习者在娱乐中学习知识的课程任务。在当前的版本，QA 要求学生认识、了解七项人生义务：个人主导感、环保意识、社会责任、健康共同体、富有同情心的智慧、创意表达、果断肯定。

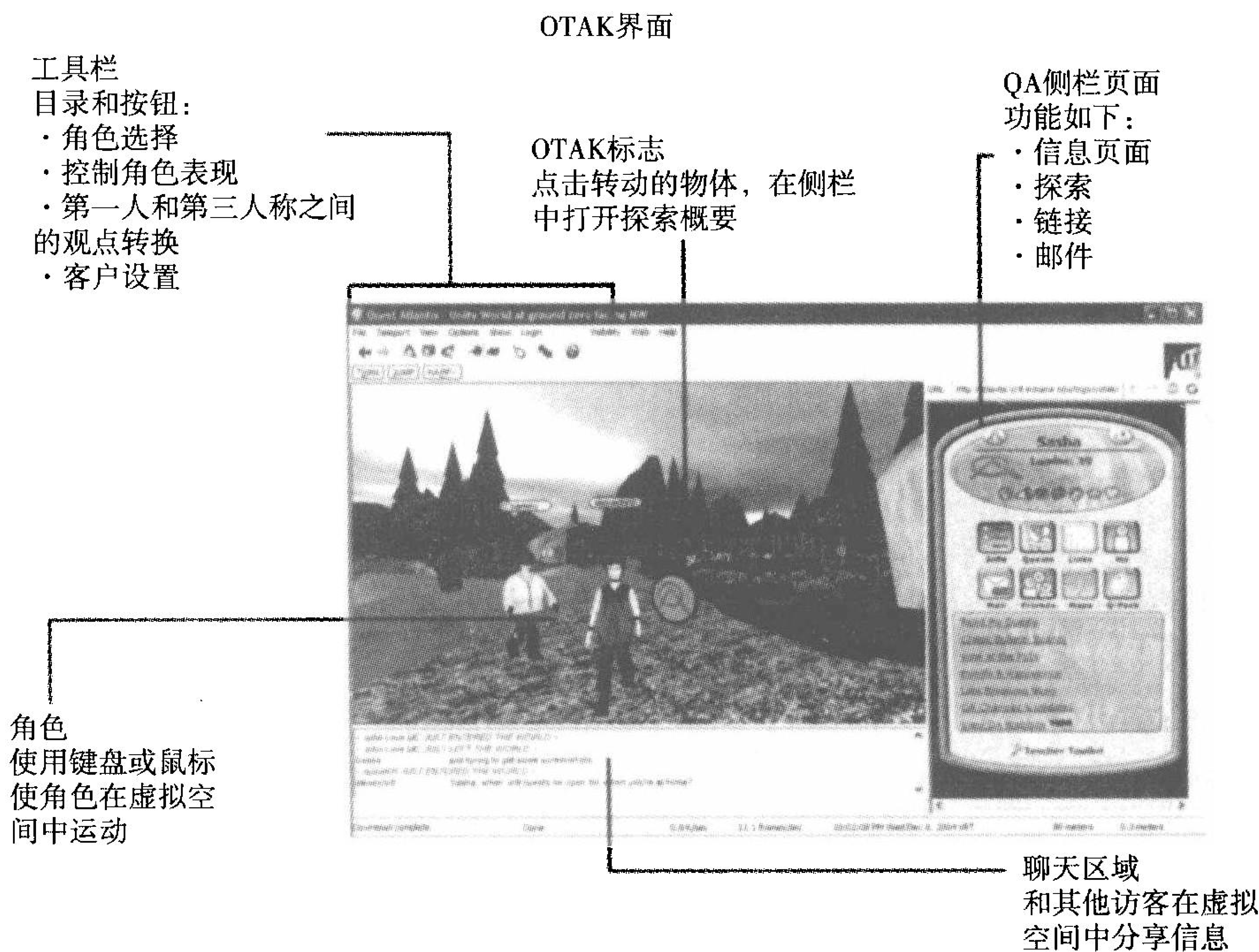


图 10.5　QA 的屏幕截图，左边是农村的一个场景，右边是访客主页。

通过“学习专注理论”的理念，QA 得以开发，而开发的过程同样影响着“学习专注理论”的丰富和完善。比如，设计者开始提出了一个容器，这个容器内的设计包括了教育、娱乐和人生义务三个因素。设计者认为 QA 这个容器内一些是教育的，一些是娱乐的，还有一些是关于人生义务的。QA 的第一个版本有教育性的探索、交流和游戏内容，但很多活动都划分得比较明显，如某个活动比较明显地体现为要么是教育，要么是娱乐，再或者是人生义务。活动结束后，我们第一次对学生进行采访，发现大部分学生会在某一类活动中进行探究活动，但他们又在其他类型的活动中与他人交流，还沉浸在第三种类型活动的三维环境中。对于人生义务，他们都很少描述。当设计者问学生作为一个探索者的核心是什么时，很少有人提到七项人生义务，即使是涉及七项义务，他们的描述都是不正确或者是很不沾边的。我们对学生的学习和参与程度作了调查，发现大部分学生都只是被 QA 华丽的在线学习环境吸引，对活动的讨论、学习及他们所参与的活动类型都知之甚少。在理论建设这方面，我们觉得收不到理想的效果，而更受我们关注的学生学习的知识、态度和对相关义务的理解认识也没有很好的效果。

通过这个项目，学生虽然在学术内容方面有一定的收获，但我们相信通过说教式的教学也可以使他们获得这些学术内容。我们更关注的学生在知识、态度和义务行为方面的变化的确不是很大。我们到学校实地访问学生、教师，检索 QA 数据库，发现有一些班级的学生确实比其他班级的学生掌握更多的知识和能力，而这些班级是学术探究做得比较好的班级，学生也恰恰是对背景故事和人生义务 163 了解比较多的学生。尽管这可能是由于他们有优秀教师，但我们也作了这样的假设：如果将“人生义务”与学生的经历紧密联系起来，QA 将有更好的教育效果。接着，我们在 QA 的每周例会上提出这个观点，建议把人生义务作为一个研究问题放到 QA 项目中。我们提出，要强调“学习专注理论”中三个元素的设计，更要把人生义务作为重要的设计元素。据此，我们改变设计，更多地关注人生义务（理论的潜在发展因素），这样一来，每个参与者都将体验到教育、娱乐和人生义务三个元素。

虽然第一次和第二次之间的差异看起来很细微，但是这对设计和行动理论都有深刻的影响。第一，此刻不再是关于**设计**的理论，“学习专注理论”变成了如何将元素**融合**的**经验**之说。这种改变好比将多重学科转化为交叉学科或者综合学科。不是非得将三者分个你高我低，而是将三者都结合在一起（Barab，1999）。这种综合的角度被运用到课程教学中，对课程设计有深远的影响，比分层课程更能产生多种分层经验（Beane，1996）。实际上，巴拉布等人（Barab，2004）还作了一个实验调查。她让另外一些学生用活页练习题的方式来完成同样的任务，164 与参加探索任务的学生相比较，发现参加 QA 项目的学生能获得更好的知识，他们可以更深层次地表达内在的情感。这就表示在提倡建立社会责任感的情境中，QA 建立的活动框架是有教育价值的。

作为设计研究过程的一部分，我们同样也描述了不同的课堂经验，还尝试发展 QA 中表示挑战和机会的图式（如活动理论三角）。特别是平衡幻想和真实、确认和协商之间存在的压力，这种情况不断地突现在不同的课堂。确认和协商之间的压力是温格（Wenger，1998）提出的，主要涉及的是参与者可以确认现有的实体结构，也允许参与者控制他们所创造的实体，甚至改变现有的实体结构。至于幻想和真实之间的压力，我们发现很多这样的案例：许多学生和教师为了减轻压力而抛开真实，沉浸到虚拟的情境中。这样一来，他们可以将阿特兰蒂斯岛的问题和地球上的真实问题结合起来。这种幻想和真实间的压力让学生和教师都能在游戏的情境中探究真实世界的问题。这是游戏理论的一个方面，人们称其为提供脚手架以促进个人发展（Vygotsky，1978）。

为了让这个理论更形象，我们接着举一个例子来说明如何在设计中运用此理论来完善理论建设工作。图 10.6 是 QA 页面中两个相关的屏幕截图——花瓣和人生义务。游戏里最重要的一个特征就是升级，即游戏中的角色人物和游戏过程的晋级。不同的级别代表了不同的专业水平，玩家在游戏空间中的交互程度也不一样。这和我们要发展的理论是一致的。我们希望通过游戏不断升级的方式达到寓教于乐，更希望能将游戏和人生义务密切联系。考虑到我们希望设计的每一个方面都要包括三个因素，研究团队主要着力于发展一条包含三个因素的学习轨迹。

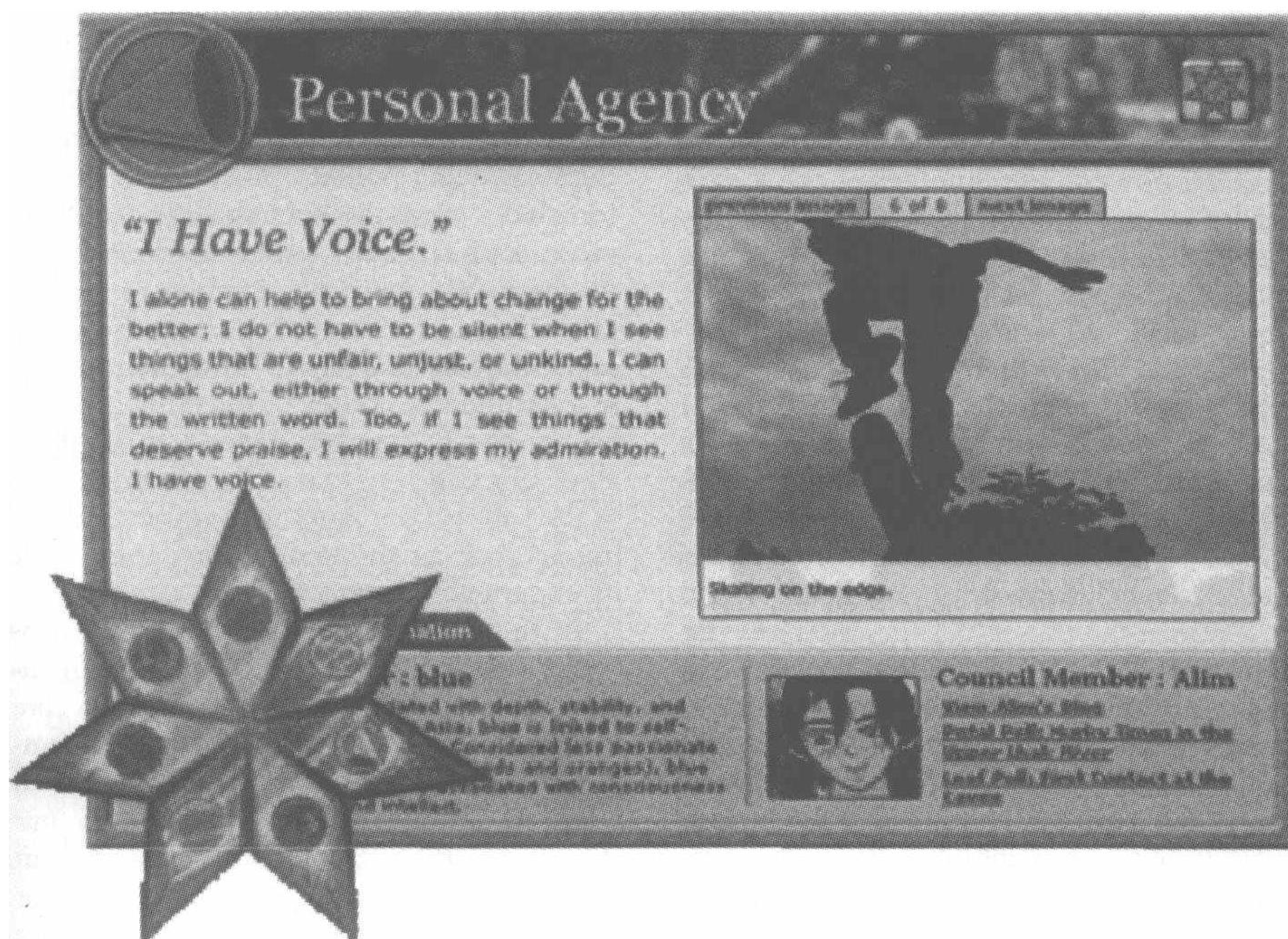


图 10.6　花瓣和人生义务页面

我们看了关于如何整合三个要素的不同提议，觉得设计故事路线的方法比较有效。故事内容是：两个虚构的委员会成员在阿特兰蒂斯岛找到了一株花的两片花瓣。一朵花包含七片花瓣，每片花瓣代表前面说的七项人生义务之一。当他们把这七片花瓣都找齐并合并在一起就可以看到发光的效果，花瓣会根据花瓣获得者所付出的努力而发出不同的光芒。我们通过不同的页面表现七项人生义务，学生要获取花瓣，需要浏览、了解这些页面，以便更好地理解这七项人生义务的含义。由于任务的不同和情节发展的需要，故事可能有很多不同的线索和内容，但主旨都是一致的。在这里用花瓣发光代替了游戏中的升级，花瓣根据学生对项目的认识和学习而发光，这样学生既可以完成教学任务，也可以深刻理解七项人生义务，而在学习的过程中也一直体验着快乐。我们采访学生时发现，他们在获得发光花瓣的过程中，既学到了知识，也体验到快乐，而且这些知识和快乐建立在理解七项人生义务之上。

此外，根据发展理论过程中所出现的两种压力：幻想和真实、确认和协商之间的压力，我们认为，构建设计的结构包括平衡对幻想的过度追求，要为学生提供协商的空间，好让学生可以互相探讨对花瓣发光的一些见解。最后，和项目中的其他发现一样，课堂经验很大程度上取决于教师的组织，考虑到这与局部教育密切相关，我们已经努力建立正式的专业发展工作室，希望和教师一同将设计的结构运用到局部的教育境脉中。和基于设计的研究的动机一致，我们到实地考察、与教师交流时，确定将挑战和机遇都作为对我们有用的干预。我们在讨论研究和理解示范学习专注理论面临的挑战时常常提到这些挑战和机遇。

165

为了收集设计研究中所需要的大量不同类型的数据，设计者还分发问卷以更好地了解：融合了三种设计因素的新设计对学生学习是否达到促进的作用。我们采访了 153 位四年级与五年级的学生，让他们评价一系列的活动，主要是学习、游戏和帮助，并给出一个等级评价，用 1（表示“没有”）到 5（表示“许多”）表示程度的差异。例如，问学生“学校的学习多不多”和“学校的游戏娱乐多不多”。学生给一些活动（QA 中的活动）的打分要比其他活动（学校中的活动）高。如，男生给视频游戏打分就比给学校中的游戏打分要高。把三个维度的分数加起来之后，我们发现男女学生给 QA 打的分数（男生 $M=3.68$，女生 $M=3.83$）比给学校（男生 $M=3.39$，女生 $M=3.40$）、视频游戏（男生 $M=2.86$，女生 $M=2.37$）、看电视（男生 $M=2.44$，女生 $M=2.07$）打的分数要高。这些结果表明了学生对 QA 的看法与我们结合教育、游戏、人生义务的初衷是一致的。我们还采访了许多用户，看“探索阿特兰蒂斯”中究竟哪些方面最能吸引参与者参与，希望了解游戏中激发学习者的多重动机，包括那些使用单人游戏的实验室研究没有提及的动机因素。

166

总结和讨论

教育研究者已经有效地运用基于设计的研究方法开发了高效的技术工具，开展了课程干预，尤其是已经发展了促进教与学过程的理论（Bransford，Brown & Cocking，2000；Design-based Research Collective，2003）。此外，与实验操作相比，这种设计实验通过理论的境脉化丰富了复杂的动态学内涵。基于设计的研究的核心是研究者坚信他们所产生的革新是基于理论角度的，不断的测试和修正也会影响理论的形成和实践的开展。然而有点讽刺的是，尽管布朗（Brown，1992）和柯林斯（Collins，1992）引入设计实验作为在自然情境中理解学习和发展理论的研究方法之一，但是作为境脉操纵者和组织者的学习科学家，往往会扮演降低这一主张可信度的角色。因此，学习科学家除了要面对在复杂情境中作研究的挑战，还要面临如何将其主张有效地运用到其他情境的挑战。

对这类研究的批评认为，即使没有使用实验的方法，所提出的理解最多只能提供形成性的见解和主张，并且应该在控制实验中不断地检验和测试这些见解和主张。正因为这样，当学习科学家提出丰富的学习依据时，若要政策执行者、教师和其他研究人员相信我们的研究理论和实践价值，我们就遇到难题了（Levin & O'Donnell，1999）。向人们强调不同团体的关注焦点是我们的责任。如果希望打通研究者与政策执行者之间的信任障碍，我们需要尽全力改变公众对我们提出证据的看法，让我们的方法论变得更成熟。我们肩负着建立理论的巨大责任，要支持革新的发展，在自然情境中实施研究，严谨地收集和分析数据，在汇报成果时，要使其他人相信我们的研究价值以及在局部产生的影响，同时也要表明其经验差距（experience-distant）的价值。

在本章中，我向大家阐述了两个基于设计的研究的案例，为的是强调行动中产生理论的理念，这是基于设计的研究的核心焦点。在第一个例子里，我描述了如何使用设计改进在线共同体理论。最初，我们的理念只是简单地认为，"建立吧，朋友自会从远方来！"通过基于设计的研究，我们关注的焦点变为"满足特定活动范围内小组成员的局部需要"，共同体才慢慢呈现形态。此外，我们还发展其他关于社会、特定活动范围的小组、信任等问题的看法见解。第二个例子，我们运用基于设计的研究方法完善一种理论框架——学习专注理论。刚开始，我们对这种理念及其在实践中的运用的认识都很浅薄。经过长期的基于设计的研究工作，我们深刻理解了理论与情境的相互作用。我们的想法已经改变了：从为设计创建理论到创建经验性的"境脉中的理论"。

这两个研究案例都将复杂的交互作为自然情境的一部分，或者是把它作为可控实验中的实施部分。在这两个案例里，研究人员的工作持续了很多年，经历了无数次的迭代设计，还要和教师沟通交流，处理可能与设计无直接关系的本地情

167

境问题。执行基于设计的研究有很多途径，不管设计、理论、情境如何，若想对基于设计的研究的每一步骤都作细致地描述是不可能的。但从以上两个案例，我们发现有一些步骤可以为其他研究者借鉴。

1. **基于现有的工作，清晰地建立假设和理论基础。**这就意味着在设计之前就定义出假设和理论，方便以后的改进和再设计。当理论变得越来越清晰时，可以写到纸上，随时就一系列的理论一起进行讨论，哪怕只是很朴素的猜想。

2. **收集大量相关的、不同类型的理论数据。**这时涉及实地观察、文件数据的阅读、访谈、问卷发放和记录分析。这些数据都是相关的，有助于以后系统理论的形成。

3. **收集与正在形成的理论相关的数据资料。**对我们而言，指的是定期召开会议，对支持或者反对原始的猜想提出证据资料，对当前发生的状况进行讨论、辩论，决定对理论作出哪些系统规范的修改。

4. **应该多听他人对理论、对整个设计的批评和建议。**不仅要让学生和老师提意见和建议，还应该咨询其他的顾问，让他们评价目前的设计和理论猜想。我们可以从不同的人员那里获得多样的、有意义的回馈。

5. **有责任向大家呈现多种说明结构。**这些结构包括学生或者教师提出不喜欢某一设计方面的说明；还包括更多当地政府人员或者其他人员对项目作出批评的正式会议。这些都要求我们在会议上呈现自己的研究工作，提交文章报告，获得反馈。

6. **辩证地看待理论、设计和现有的文献。**在研究过程中，我们积极参与会议和相关的讨论区，像与同事谈话一般，瞻望学术文献的前沿。

因为我们是在全面复杂的情境中研究学习，所以我们的研究既有改变实践的潜力，同时也有可能让他人接受我们主张。作为正在发展的共同体，我们的责任是：确保我们开展的研究，以及下一代学习科学者开展的研究严格遵循方法论，且可产生有用的、被公认为可行的、让人信服的理论主张。不是简单地提供大量的证据或者使用研究者所提倡的方法论工具集就能产生以上效果的，相反，我们作为一个共同体，需要建立共同的语言来开展我们的工作。我们要让政策制定者、同事相信：科学的研究不仅要求运用实验的方法，还要诠释和发展境脉中的理论。这就要求研究人员使用理论（通过设计）来影响真实世界的实践，同时实践也影响着理论的进一步形成——这是基于设计的研究的核心。我们不应该为了获得更具有综合性的理论而故意消除情境因素；相反，我们要根据各地的实际情境，将理论与情境结合，考虑“境脉中的理论”。如果我们真的希望学习科学成为社会科学的一种固有形式，那么，让他人相信我们研究工作的价值就是基于设计的研究者所面临的核心挑战。

参考文献

Abbott, A. (1992). What do cases do? Some notes on activity in sociological analysis. In C. C. Ragin & H. S. Becker (Eds.). *What is a case? Exploring the foundation of social inquiry* (pp. 53 - 82). Cambridge, MA: Cambridge University Press.

168

Barab, S. A. (1999). Ecologizing instruction through integrated Units. *Middle School Journal*, 30, 21 - 28.

Barab, S. A., Arici, A., & Jackson, C. (2005). Eat your vegetables and do your homework: A design-based investigation of enjoyment and meaning in learning. *Educational Technology* 65 (1), 15 - 21.

Barab, S., MaKinster, J. G., Moore, J., Cunningham, D., & the ILF Design Team. (2001). Designing and building an online community: The struggle to support sociability in the Inquiry Learning Forum. *Educational Technology Research and Development*, 49 (4), 71 - 96.

Barab, S. A., MaKinster, J., & Scheckler, R. (2003). Designing system dualities: Characterizing a web-supported teacher professional development community. *Information Society* 19 (3), 237 - 256.

Barab, S. A., Schatz, S., & Scheckler, R. (2004). Using Activity Theory to conceptualize online community and using online community to conceptualize Activity Theory. *Mind, Culture, & Activity*, 11 (1), 25 - 47.

Barab, S. A., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 1 - 14.

Barab, S. A., Thomas, M. Dodge, Carteaux, R., & Tuzun, H. (2005). Making learning fun: Quest Atlantis, a game without guns. *Educational Technology Research and Development* 53 (1), 86 - 107.

Beane, J. (1996). On the shoulders of giants! The case for curriculum integration. *The Middle School Journal*, 28, 6 - 11.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academy Press.

Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2 (2), 141 - 178.

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32 - 42.

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32 (1), 9 - 13.

Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In E. Scanlon & T. O'Shea (Eds.), *New directions in educational technology* (pp. 15 - 22). New York: Springer-Verlag.

Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (1999). Design research: Theoretical and methodo-

logical issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 15 - 42.

Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 15 - 42.

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5 - 8.

Dewey, J. (1915). *The school and society*. Chicago: University of Chicago Press.

Dewey, J. (1938). *Logic, the theory of inquiry*. New York: H. Holt and Co.

Gibson, J. J. (1986). *The ecological approach to visual perception*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Kirshner, D., & Whitson, J. A. (Eds.). (1997). *Situated cognition: Social, semiotic, and psychological perspectives*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics, and culture in everyday life*. New York: Cambridge.

Lesh, R. A., & Kelly, E. A. (2000). Multitiered teaching experiments. In R. A. Lesh & E. A. Kelly (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 197 - 230). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Levin, J. R., & O'Donnell, A. M. (1999). What to do about educational research's credibility gaps? *Issues in Education*, 5 (2), 177 - 230.

MaKinster, J. G., Barab, S. A., Harwood, W., & Andersen, H. O. (in press). The effect of social context on the reflective practice of preservice science teachers: Incorporating a websupported community of teachers. *Journal of Technology and Teacher Education*.

169 Maxwell, J. (2004). Causal explanation, qualitative research, and scientific inquiry in education. *Educational Researcher*, 33 (2), 3 - 11.

Mink, L. O., Fay, B., Golob, E. O., & Vann, R. T. (1987). *Historical understanding*. Ithaca, New York: Cornell University Press.

Salomon, G. (Ed.) (1993). *Distributed cognitions: Psychological and educational considerations*. New York: Cambridge.

Shavelson, R. J., Phillips, D. C., Towne, L., & Feuer M. J. (2003). On the science of education design studies. *Educational Researcher*, 32 (1), 25 - 28.

Shavelson, R. J., & Towne, L. (2002). *Scientific research in education*. Washington DC: National Academy Press.

Stake, R. (1995). *The art of case study research*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Stokes, D. E. (1997). *Pasteur's quadrant: Basic science and technological innovation*. Washington, DC: Brookings Institution Press.

Vygotsky, L. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Leaning, meaning, and identity*. Cambridge: Cambridge University Press.

第 11 章

指导基于探究的数学学习

171

保罗·科布，凯·麦克莱恩

在本章，我们要描述的是一种课堂取向的案例研究，这种课堂取向是受学习科学研究的启发而发展形成的。我们对城市的七、八年级学生进行了一系列的课堂设计实验（有关设计实验方法论的讨论，见 Barab，本书；以及 Confrey，本书），这些实验都是聚焦于教学和学习统计数据分析。在这个过程中，我们阐述、检验以及修订了一种具体的假设，这种假设涉及两个方面，一个是学生学习统计学专业知识的过程，另一个是为这种学习提供脚手架的方法。这些设计实验的首要产品是两种教学活动，一种是以单变量数据分析（analysis of univariate data）为中心的教学活动，另一种是以双变量数据分析（analysis of bivariate data）为中心的教学活动；此外，还有三个用于上述两种分析的计算机数据分析工具。在本章中，我们把注意力集中于第一种课堂设计实验，即以单变量数据分析为中心的教学活动。

我们首先批判性地调查了中学数学课的传统教学目标。学习科学研究摒弃了这样一个观念——知识是由诸多需熟记的事实和程序组成；但不幸的是，这种传统的教学模式观念在绝大多数数学课中依然占主导地位。作为这个讨论的一部分，我们首先简明扼要地概述了统计学的学科发展情况，以及在更为广泛的社会应用中，统计学的应用情况。然后，我们介绍了对学生统计推理的初始评估，并把它们与评估结果作了对比。在这个背景下，我们讨论了课堂学习环境的四个方面，这四个方面已被证明对支持学生学习是至关重要的，分别是：教学任务、课堂活动的组织、学生使用的工具以及课堂对话的特点。

批判性地考察课程

中学的统计学教学一般强调对两种操作的记忆：以数据分布（例如平均数、众数和中位数）为中心的计算方法；制作某些特定类型图表（例如，条形图、矩形图、盒状图；每种类型的图表都能在本章中找到例子）的惯用方法。与学 172

习科学中的典型研究一样，我们不是简单地接受数学课堂中的当前实践，也不会试图设计更加有效地达到相关目标的方法。相反，我们退一步检验一个更大的问题：学校究竟为什么教授统计学呢？两个常见的理由是：（1）学生需要学会像统计员一样工作；（2）学生需要掌握统计学，因为统计学在日常生活、与工作相关的活动中都很重要。然而，我们找到了第三个也是最令人信服的理由：计算机在社会中日益普及，使得通常的定量推理尤其是统计学推理的使用价值日渐增大。这个发展已经对在公共政策的讨论中如何应用数学产生了如此大的影响，以致教授统计学成为一个民主参与和民主权利的问题（Cobb & Moore，1997）。政策的决策越来越多地依据基于数据分析的论证。在许多方面，数学已经成为公共政策领域的话语权的一部分。因此，无法理解数学就等同于被剥夺了这一权利，也就是说，对于所有的公民而言，能够形成基于数据的论点并对此加以评论是很重要的。正是基于这些原因，学生应该参与课堂活动，提出并评论他们已经形成的论点，与此同时分析他们认为切合实际的数据集，陈述他们认为合理的原因（见 Delpit，1988；Banks & Banks，1995）。鉴于这些发展，统计学教学的目标就应该是：赋予学生参与民主社会的能力。这个目标给我们的教学设计提供了总的方向。

此外，我们也考虑到了数学学科在过去 25 年间的发展，主要是个人电脑的普及引起的发展。绝大多数研究生的研究方法课程仍然沿用传统取向，这种取向使统计学简化为统计推理，并把它作为一系列的计算方法来教授。然而，这些传统的计算方法正越来越多地被更加新颖的**探索性数据分析法**（exploratory data analysis，简称 EDA）所补充。EDA 包括搜索数据模式，这些数据能深入反映以下现象，即可以通过创建和处理图表来进行调查的现象（Edelson & Reiser，本书）。打个比方，实验室数据分析法就像是侦探工作，因为它需要在特定的一批数据中为可能的模式搜查证据（Biehler & Steinbring，1991）。通过询问“如果收集了另外一批数据的话，类似的模式还能否找到”之类的问题，统计学提供工具来评估找到这种证据的可行性。根据计算机和实验室数据分析法的发展，我们赞同科布和穆尔（Cobb & Moore，1997）如下的结论：统计学教学应该从一开始就把重点放在生成切实可行的数据和 EDA 上，并且应该运用计算机工具来创建和处理图表。学生运用这类工具有助于数学学习，因为他们的数据推理能力随着数据表征与组织能力的提高而提高（Edelson & Reiser，本书；Lehrer & Schauble，本书；Biehler，1993；Lehrer & Romberg，1996）。

在准备我们的设计实验时，我们解决的最后一个问题是确定主要的统计学观点。当学生通过分析数据提出观点并对其进行评论时，所确定的统计学观点应该是教学主要关注的。因此，我们努力想确定威金和麦克泰格（Wiggins & McTighe，1998）所说的“大观点”（big ideas），这个“大观点”是这一学科核心，具有超越课堂以外的永久价值的，并且能让学生积极参与其中。这一设计原则对中学

统计学教学来说尤为重要，因为许多教科书把统计学简化为一系列关系松散的概念的集合（例如平均数、众数、中位数）和制作各种类型图表的流程，而不是教学生使用主要的观点并通过分析数据来洞察相应的真实世界。最基本的一个大观点就是**分布式**的观点（Cobb，1999；Hancock，Kaput，& Goldsmith，1992；Konold et al.，1997；McClain & Cobb，2001；Wilensky，1997）。下面的概念可以被看作是描绘特定数据集怎样分布的方法（Bakker & Gravemeijer，2004）：

- 由中位数或平均数来评估的一组数据的中心位置；
- 数据分散或者集中在一起的程度；
- 数据朝范围内一端的偏斜程度；
- 特定区间数据的比例或者相对频率；

在这种境脉中，要教给学生的统计图表类型被看作是可识别相关模式，通过这种模式能够洞察所研究现象。

课堂统计活动的结果与典型的教学取向形成鲜明对比。在许多情况下，学习科学研究都发现：现有的课堂学习模式与研究不一致。在这种情况下，设计实验就是一种有价值的方法，因为它既需要设计新的学习环境，又要有助于我们了解学生学习的过程。

初始的评估

我们的设计实验在一个七年级课堂中进行，共有 29 名 12 岁的学生参加了为期 10 周共 34 节课的实验。凯·麦克莱恩（Kay McClain）在整个实验期间担任授课教师。在为实验做准备期间，我们从同一学校的七年级学生中抽取一组，对他们进行了访谈和全班绩效评估，目的是记录学生接受了先前统计学教学后已经形成的能力。这些研究结果如实记录了先前教学所产生的效果。学生先前已经学会了中心测量（如平均数、众数和中位数）和几种类型的统计图表（例如条形图、矩形图和饼图）。就先前的教学而言，我们对学生的推理所作的分析是学习科学中典型的研究。

评估表明：这些学生中的绝大多数都认为数据分析需要“处理与数字相关的内容”（McGatha，Cobb，& McClain，2002）。换句话说，他们并不觉得数据在理解真实世界的现象或者作决策的时候是有用的。学生们并不是有意图地分析数据，而是简单地以一种程序化的方式处理数字，没有理解他们所做事情的意义。此外，当学生把两组数据（例如两个篮球运动员在一系列比赛中的得分）进行对比的时候，他们一般是计算每次比赛的平均分，根本没有考虑过这样做是否能让他们解决正在研究的问题。例如，在两个篮球运动员比赛得分这个例子中，仅仅通过计算平均分为一次重要比赛挑选一个运动员绝不是一个好方法，因为它忽视了运动员得分范围之内可能的差别和可变性；平均得分相对低一点的运

动员可能更加稳定些，而教练也许会更加重视运动员的稳定性，而不是看重通过某几场比赛中提高平均分的平庸运动员。

这些前测为我们的设计实验提供了一个起点。例如，我们从评估中得出结论：我们当前的目标（immediate goal）并不仅仅是补习某些能力和技能。相反，我们面临的挑战是，怎样影响学生对于以下这个问题的看法，即“统计学在学习和日常生活中到底有什么意义呢?”这样做的基本目的是让学生带着解决有意义问题的目标开始分析真实的数据，而不是像传统的教学任务中所做的那样，简单地处理数据、画出特定类型的图表。

174

最后的评估

初始评估与学生在经过为期 10 周的实验之后分析数据的方式形成了鲜明的对比。例如，在一次教学活动中，学生通过分析病人的 T 细胞数量来比较两种艾滋病治疗方案。他们的任务是，评估一个有 46 人报名参加的新实验治疗方案是否能比一个有 186 人报名参加的标准治疗方案更加成功地提高 T 细胞的数量。学生的任务是给总医务官撰写一份具有建议性的报告，并要准备论据为自己所提建议进行辩护。学生分析的数据如图 11.1 所示，这些数据是用第二种计算机工具来表示的。实验班级中 29 名学生都正确地从他们的分析中得出了如下结论：实验治疗方案更加有效。不过，随后的全班讨论持续了一个多小时，讨论重点放在报告的适用性上。

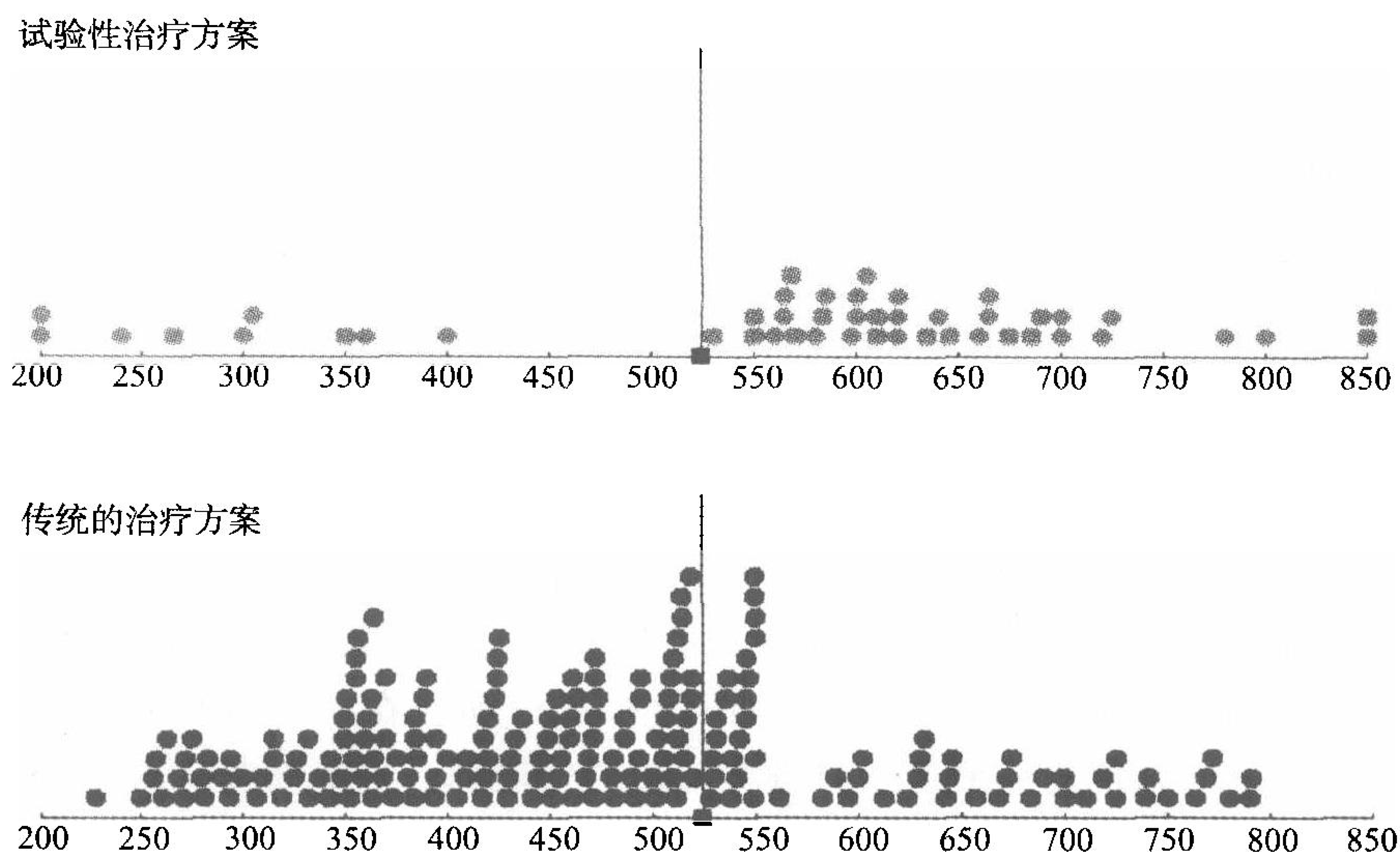


图 11.1 在 T 细胞数量为 525 的位置上划分的艾滋病治疗方案

例如，一组学生通过运用图 11.1 所示的一个计算机工具在 525 处画了一条垂直线，因而在 T 细胞数量为 525 的位置划分了两组数据集。在讨论过程中，有一点变得显而易见，即：学生已经注意到他们所说的“顶峰”——T 细胞数量的增加——在试验性治疗方案中数据是高于 525，而标准治疗方案中数据是低于 525。另外，在这次讨论中，还有一点也显而易见：他们和其他对这次讨论有贡献的学生都是根据相对频率（relative frequencies）而不是绝对频率（absolute frequencies）来对图 11.1 作推理分析的。换句话说，他们把注意力放在所有 T 细胞数量在 525 以上的病人所占**比例**上，而不是这些病人的绝对数量上。

与传统数学班级中的同龄人不同，这组学生的分析表明：他们分析数据是为了深入洞察研究（有关两种艾滋病治疗方案的相对有效性）中的情境。即使如此，这也只是这个小组所描述的全部图表分析中最基本的一个。一个更加超前的学生小组运用了基于计算机的工具中的一个选项，把表示个体数据的点隐藏起来，然后运用该工具的另一个选项，把这两组数据集划分成四组，每一小组都包含了这个数据点的 1/4（见图 11.2）。通过这个选项，每个数据集 25% 的数据都位于由垂直线分开的四个区间的一个位置上（与一个盒状图相似）。正如一个学生解释的那样，这些图表表明，实验治疗方案之所以更加有效，是因为在这一治疗方案中 75% 的病人的 T 细胞数量都在 550 以上，而标准治疗方案中只有 25% 的病人的 T 细胞数量在 550 以上。这个学生的论点表明，他确实是根据数据来进行推理的，而不是像传统数学课中的学生那样试图熟记程序或处理数值。

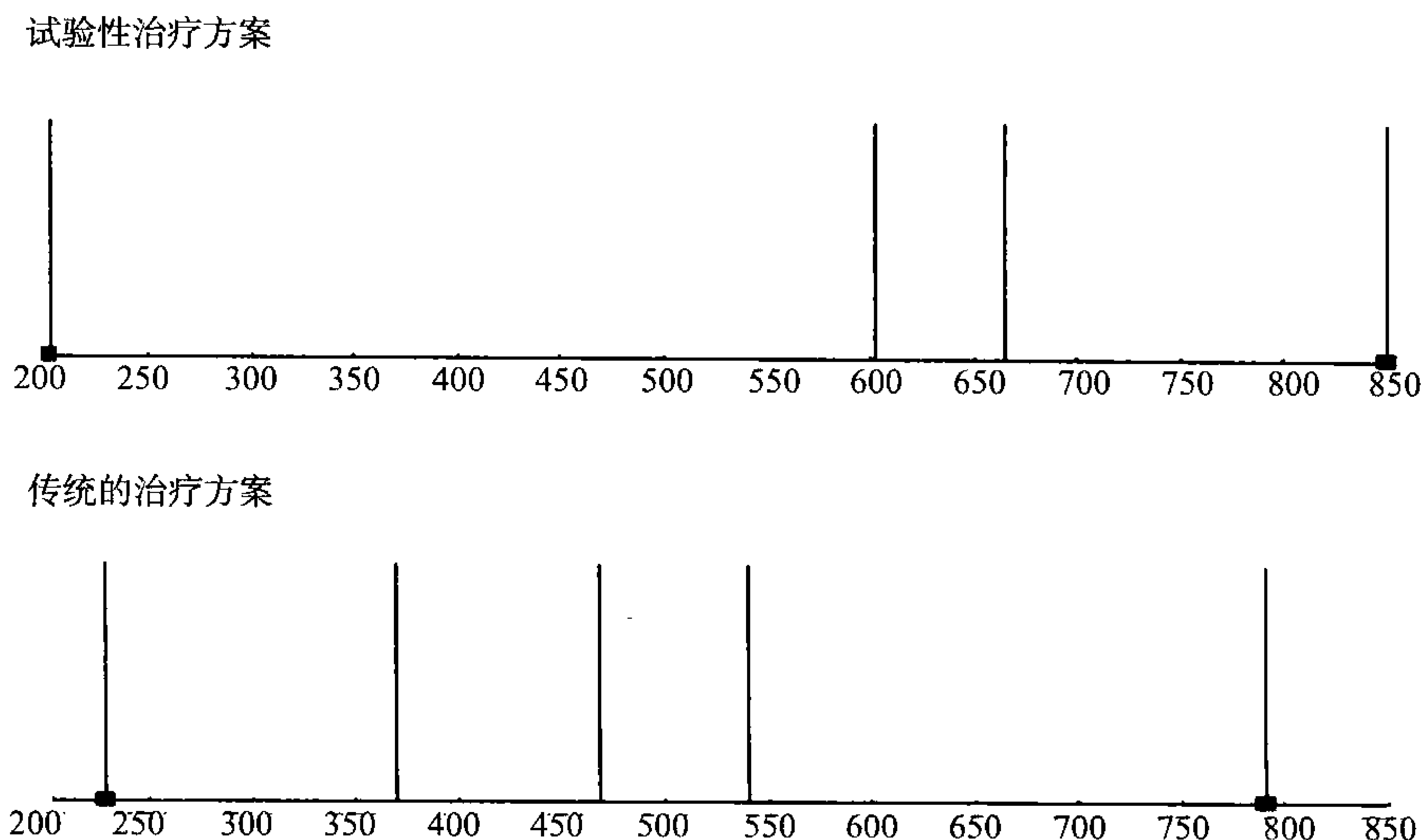


图 11.2　组织成四个均等的小组且隐藏了个人数据点的艾滋病治疗方案

在实验结束时，我们对学生进行了个别访谈，记录学生的推理，来支持这些课堂观察。对这些访谈的分析表明：这些学生中绝大多数都能够根据数据分布的方式解读两个数量不相等的数据集，不管这两个数量不相等的数据集是被组织成**相等**的区间宽度（类似直方图）还是被组织成四个均等的小组（类似方块图）。而且，9个月以后，我们从这些学生中又挑选了部分学生做了一个后继设计实验，这些学生的统计推理能力并没有倒退（Cobb，McClain，& Gravemeijer，2003）。相反，传统数学课中的学生常常忘记他们曾经熟记下来用于解决那些小范围任务的程序。在这个后继实验的开始阶段，所有学生都能解释单变量数据集（这些数据集被组织成相等的区间宽度及四个均等的小组）。

176 这一访谈表明了学生对数据的推理在为期10周的实验中是如何变化的。现在，我们将把注意力转向这种变化的过程，特别关注课堂学习环境的四个方面，即教学任务、课堂活动的组织、学生使用的工具以及课堂话语的特点，课堂学习环境的这四个方面已经被证明在探究境脉中对支持学生学习是至关重要的。

教学任务

在设计教学任务时，四个基本目标之一是确保学生的课堂活动涉及真实数据分析的调查研究精神（investigative spirit）。在真实的统计实践中，分析人员分析数据时心中总是有特定的读者，而不像传统的数学课上分析的那样（参见Noss，Pozzi，& Hoyles，1999）。我们设计的绝大多数教学活动都需要为了作出一个决策而对比两组数据集，就像上述艾滋病治疗方案的教学任务一样。例如，要求学生给一位总医务官撰写分析报告。这个要求指导学生在探索一个现象时应该把一个特定的读者考虑在内，从而支持学生积极参与到真实的数据分析中。

除了确保学生的活动具有真实数据分析的调查精神以外，我们也要确保学生学到了重要的统计学观点。因此，我们面临的挑战是：通过支持重要的统计学观点的自然浮现，同时确保学生所作的分析涉及真实的统计学实践，从而超越杜威（Dewey，1980）所说的过程与内容之间的二元对立。这是基于探究的教学取向面临的一个关键问题，因为人们经常批评基于探究的教学取向强调探究过程以损害实质的学科观点为代价。

教师一般会利用学生提出的这些基于数据的论点，来发起和指导那些关系到重要统计学观点的全班讨论。如果把过程与内容整合在一起作为基本的教学设计原则，我们的目标就是要确保学生撰写的报告能够让教师用于课堂讨论，这样就能让教师在指导全班讨论时把内容教给学生。例如，在艾滋病治疗方案这一教学活动中，在全班讨论中作为明确的话题自然出现的问题包括：绝对频率与相对频率之间的对比，对组织成四个均等小组的数据的解读，把数据量化在特定区间所占比例时比率的使用（Cobb，1999；McClain，Cobb，& Gravemeijer，2000）。这

些问题在统计学中是很重要的；关注数据在一个值的范围内（例如，T 细胞数量在 525 以上或者以下）发生的概率（例如，比例）正是科诺德（Konold，1997）等人所说的**“统计学观点”**（statistical perspective）的核心所在。基于我们对课堂讨论的分析——这种分析涉及在不同范围内对数据比例的关注，我们推论：学生已经形成了一种统计学观点。

因为我们希望学生的分析能够作为教师资源的来源，所以我们不得不仔细计划这些活动。我们试图预先考虑到这些学生可能会提出的多种基于数据的观点；对教学活动的细小调整都可能极大地影响这些学生提出的分析类型。因此，由于任务方案的无足轻重的特征和数据集特有的某些特征，我们的讨论变得相当冗长。

例如，在我们设计艾滋病治疗方案这一教学任务时，我们用大量的数据点（46 vs. 186）有意识地建构了数据集，以便绝对频率与相对频率之间有清晰明确的对比。这反过来又要求任务方案中数据集大小的不均等在学生看来是合情合理的。虽然事实证明艾滋病治疗方案这一教学任务是富有成效的，但是有时候，我们的推测还是缺乏根据，如对学生参与一个活动的水平或者他们可能提出的分析类型的推测。在这种情况下，我们当前的目标是分析课堂会话（classroom session），目的是为了理解教学活动为什么不够充足，然后修改我们的假设，设计出新的教学任务。这种验证和调整假设的循环是设计实验的关键特征，这些假设和教学活动中那些看似微小的特征有关。当我们的目标是要形成一个相对长期的教学序列时，这种循环尤为重要。这样的教学序列可以让知识渊博的教师超越强调学科观点和强调真实探究实践这一二元对立的错误。

课堂活动的组织

在开始设计实验时，我们就面对的挑战是：确保学生不仅把数据看成是数字，而且将其看成是对一个有意义问题相关的真实情境的测量。为了达到这一目的，教师通过与学生讨论数据生成过程，来引进每一个教学活动。这些谈话经常需要长时间的讨论，教师和学生借此一起通过观察来构建研究中的特定现象（例如艾滋病），阐明它的重要意义（例如开发研制更加有效的治疗方案的重要性），勾画出与该情境相关的需要测量的各个参数（例如 T 细胞的数量），并考虑怎样才能测量这些参数（例如采取血液样本）。在这一境脉的讨论之后，教师介绍学生将要分析的数据，并且介绍这些数据就是在这个过程中生成的。随后的课堂活动常常持续 2—3 个课时，其组织形式是：（1）对数据生成过程进行一次全班讨论；（2）进行一次个别或小组活动，在这次活动中，学生一般是在计算机上分析数据；（3）进行一次对学生所作分析的全班讨论。

由于参与了数据生成过程的讨论，学生能意识到数据集是有来历的，而且收

集数据是为了服务于某种目的（参考 Latour，1987；Lehrer & Romberg，1996；Roth，1996）。例如，种种迹象明确表明，在设计实验开始的一周之内，统计数据对于学生来说实际上意味着“分析数据”（Cobb，1999；McClain et al.，2000）。此外，随着设计实验的进展，学生除了关注对无关变量的控制之外，也逐渐提高了对抽样过程的关注（Cobb & Tzou，2000）。这些关注表明：学生已经意识到，他们要确保从数据中所得结论是正确的，关键在于数据的生成过程。教师并没有运用一种传统的传授—习得法直接教给学生如何生成合理可靠的数据，而是创设了一种课堂文化来鼓励学生建构基于数据的论据，而且，在学生准备这些论据的时候，他们就能够逐渐预料到数据生成过程对于将要从数据中得出的结论所具有的意义。

有关统计学教学的文献大多是关于学生是否应该收集他们要分析的数据。出于现实原因，我们的学生没有收集他们自己的数据，但是我们不难想象，学生收集数据的过程将是很有教育意义的情境——诸如一个能够提供统计数据分析境脉的科学项目（Lehrer，Schauble，& Penner，2000）。然而，在许多情况下，过多考虑学生是否应该收集数据会导致忽视一个更加重要的方面，即：数据收集只是数据生成过程的一个阶段。科学教育文献中到处有这样的事例：学生收集了自己的数据但是却没有理解这样做的根本原因。学生们不但没有更深入地理解这样做的原因，反而只是考虑遵循方法论上的程序去得到“符合要求的数据”。这些结果都是由于失败的教学设计产生的，这些教学设计没能让学生按如下阶段进行活动：数据的产生过程应该先于数据的收集过程。这些先前阶段涉及阐明所研究现象的重要意义，描述所测现象的相关方面，以及考虑如何测量这些方面。我们的研究结果表明：让学生参与这些阶段是至关重要的，不管他们实际上是否收集数据；只有在那时候，学生才能形成一种目的感（a sense of purpose），其作用是为学生指明探究的方向，并使学生充分意识到数据生成对于他们所得结论的合理性产生的影响。

178

工具运用

运用基于计算机的工具来创建和处理数据的图表表征，是探究性数据分析中最重要的部分。在我们的设计实验中，学生运用了两种旨在支持其统计推理发展的计算机工具。图 11.1 显示了第二种工具，图中表明它正被用来分析艾滋病治疗方案。第一种工具则在实验的第一周先于第二种工具被运用，把每个数据点作为一个独立的横向线条表示出来（见图 11.3）。图 11.3 展示了对两种不同类型的 10 辆小汽车刹车后的滑行距离所作的测量。这些学生分析的目的是要查明哪种类型的小汽车更加安全。这种工具允许学生对多达 40 种值的数据集按照大小和颜色分类，以便能把数据值隔离在一个选定的区间，并能通过沿着横向的轴画

一条纵向线条把数据值在选定的点上分开。

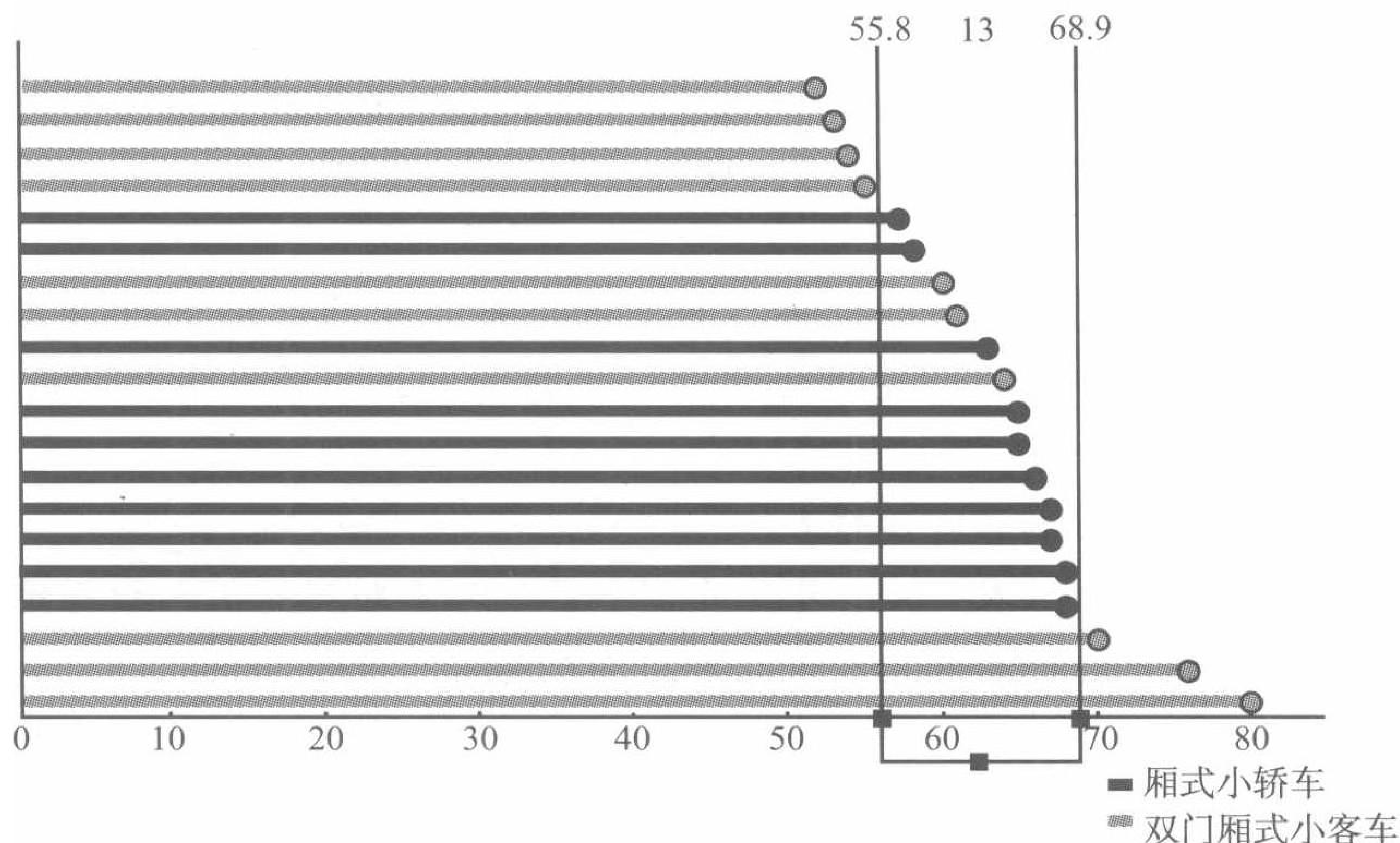


图 11.3　刹车后的滑行距离数据

指导这两种计算机工具开发的第一个设计原则是，在教学序列的某个阶段中，这些计算机工具应该与学生的推理能力相适应（参见 Gravemeijei，1994）。在我们的课堂观察中，有一点似乎显而易见，即：这两种工具确实与学生的推理能力相适应，因为这些学生能在最少的教学之后运用工具来研究数据中的趋势和模式。我们的目标之一是教会学生如何分析真实数据，而不仅仅是处理数字。因此，我们决定用第一种工具把每个个体的数据值画成一条横向线条，那样，学生就能从视觉上直观地掌握这些线条中每一条都代表一辆汽车刹车后的滑行距离。我们挑选的数据集都有一种线性感（a sense of linearty），并因此能使其适合于这种类型的描绘（例如每辆车刹车后的滑行距离、蓄电池组的使用期）。选择这种描绘方式，同时结合贯穿于整个数据生成过程的谈话取向，允许教师在课堂会话中转移话题，以便所有学生在运用第一种工具完成第二种教学活动之后，便可开始对有关数据进行推理（Cobb，1999；McClain et al.，2000）。

我们就以学生分析汽车刹车后的滑行距离这一教学任务时的对话为例来看看课堂会话中的这种话题转移。一个小组计算出了每种类型的小汽车在刹车后的滑行距离的平均数；另一个小组则对比了这两种类型的小汽车在刹车后所滑行距离的相对一致性。教师先后请第一组和第二组的学生对他们的取向加以说明。教师并举这两种方法的意图是，使一种单纯的计算式解决方法与一种把测量刹车距离当作数值的解决方法形成鲜明对比（McClain & Cobb，2001）。第二组所作的分析促使大家思考这样一个问题：在比较两种类型的汽车的相对安全性时计算平均

数是否是一种有用的方法。通过运用工具中的选项分离选定区间的数据点的方法，第二组已经从相对一致性方面对数据集进行了比较（图 11.3 中的竖线）。这样做，他们就得出了如下结论：厢式小轿车更加安全（因为刹车后它们全都在不到 68.9 英尺的地方停了下来，而双门厢式小客车中有三辆滑行了更长的距离）。然而关注平均数的那一组则认为双门厢式小客车更加安全。

179

韦斯：我还有别的发现。看，厢式小轿车刹车后在停车距离上更加一致。看，他们大都在这一范围之内（用手指着厢式小轿车数据集的终点），停车距离上更加一致。

教师：这个观点非常不错。

韦斯：但是这种双门厢式小客车刹车后的停车距离是很不相同的。

教师：因此，你的意思是说厢式小轿车更具一致性。

韦斯：而且，如果你买了双门厢式小客车，可能会出现这种情况，我是说你可能不能指望它刹车后在一定的范围内停下来，但是厢式小轿车刹车后更有可能在一定范围内就停下来。

沙伦：我没有听明白。

韦斯：好吧，我的意思是，如果你买了厢式小轿车，而且不得不突然刹车，你能信赖它，指望它刹车后在 53 至 72 英尺之间的距离范围内停车。但是如果你买了双门厢式小客车，看看这里，它刹车后停车的距离全都不同，因此你不知道急刹车后它会在短距离内停下来还是会撞在什么东西上，所以你不能信赖它刹车后停下来之前的滑行距离。

丹：什么是一致性？

罗布：一致性就是每次相同或者非常相似。

教师：韦斯提出的论点真的很好。他认为，如果你有一辆车的话，知道你在急刹车后车子会在一定范围的距离内停下来（用手指着厢式小轿车停车的距离范围），这一点是非常重要的，但是双门厢式小客车可能在任何地方停下来。

在这个事例中，平均数是否有用的问题逐渐变成了一个明确清晰的话题，几个学生说，他们先前并没有考虑依据两种类型的汽车刹车后的滑行距离的分布范围来比较数据集，但是现在，他们发现韦斯的论据很令人信服。教师引导通过有意义的再协商去分析数据正是这样一个互相交流的过程。在这次讨论和随后又一次讨论之后，再也没有出现这样的情况：学生为了完成后面的教学任务，把数据作为数值的推理来取代对真实世界中现象的测量。

180

指导这两种计算机工具开发的第二个设计原则是：学生应该逐渐使用越来越复杂精密的方法来推理分析数据，就像这些学生运用工具参与随后的关于他们分

析报告的全班讨论那样。我们把这些工具的设计看作是一种支持学生重组统计推理的基本方法（参见 Dörfler，1993；Kaput，1994；Meira，1998；Pea，1993）。就第一种工具来说，把数据集画成横向线条，以及使用这种方式来组织数据，能够指引学生根据数据的分布来对比数据集。例如，这些学生沿着轴线画垂直线条，目的要么是为了把数据集分离开来，要么是为了找到具体数据点的值。此外，他们运用工具中的另外一种选项来把一个特定的区间分离出来，并对每个数据集中数据点的数字进行对比（见图 11.3）。正是在学生以这些方式使用电脑的时候，他们开始推理分析：（1）最大值、最小值以及数据集的范围；（2）在一个特定的值以上、以下或者一个特定区间内的数据点的数字；（3）中位数及中位数与平均数的关系。以学生的这些发展背景为依托，教师提出运用第二种工具，在一个数轴的平面图（axis plot）上把数据点画成若干个点（见图 11.1）。

在设计第二种工具时，我们的目的是，在学生运用第一种工具时形成的那些推理数据的方法的基础上开发第二种工具。通过对比图 11.1 和图 11.3 就能看出，用第一种工具画的那些线条末端的点，在第二种工具中实际上被压向横轴上。引进这种描绘数据的新方法时，教师实际上首先是通过展示一个画成横向线条的数据集，然后再把这些线条去除，只剩下这些点，最后再把这些点滑动下来放到横轴上。正如我们推测的那样，这些学生几乎无需另外的指导就能够用第二种工具分析数据，而且显而易见的是，这种点状平面图描绘法表示的是数据值的一个集合，而不仅仅是一个沿着一条线散布的点的集合。然而，这种发展不能仅靠教师对这个新工具的详细介绍就可以解释说明。相反，为了解释第二种工具为什么与学生新的推理水平相适应，我们还必须考虑学生在使用第一种工具活动时的一个方面。

通过研究学生们用第一种工具组织和比较数据集时的推理，我们就能够梳理出学生学习的新情况。正如我们已经看到的那样，一个学生解释说，通过把 10 辆厢式小轿车的数据所在的区间分离出来的方式，他已经分析出了刹车后的滑行距离数据，并且提出论点：这种类型的厢式小轿车更加安全。因为它们刹车后的滑行距离比那 10 辆双门厢式小客车刹车后的滑行距离更加一致。需要注意的关键一点是：在提出这个观点时，这些学生的注意力集中在横轴上线条末端的点的位置。换句话说，当学生运用第一种工具的时候发生了一种细微但是却很重要的转移。个体的数据值原来是用这些线条的长度来表示的。然而，正是在运用这一工具的过程中，这些值逐渐变成用这些线条末端的终点来表示了——这有助于学生理解如下一点：一个图表上的点实际上表示对真实世界中现象的测量。

作为这种发展的结果，当教师给学生引进第二种工具的时候，学生很容易就能理解教师所说的把这些线条末端的点折叠起来放在轴上的解释。此外，这个新

工具的选项全都包含有数据分区集合，而且这些数据集合是由多达400种各种方式的数值组成（例如，为了给数据集划分小组而沿着轴画垂直线条，把数据划分成一个个有着特定区间宽度的组，从而把数据划分成四个均等的组）。因此，这些学生就能够立即使用这种工具，因为他们在使用第一种工具的时候常常划分数据集，早已经习以为常。正如我们在艾滋病治疗方案教学任务中讨论的那样，学生逐渐形成以下思维方式：把数据集看作是有整体分布形状的数据集合，而不是无定形的个别数据点的集合；根据相对频率而不是绝对频率来推理分析数据集的分布形状；使用越来越精密的方法建构数据集。

181

软件设计师应该考虑这样一个问题，学生使用某个提议中的工具时，将如何改变他们活动的性质，以及学生们在使用这些工具的时候，可能形成的推理类型。在设计这两种工具时，我们没有试图把想要教给学生的那些统计学大观点发展成这两种计算机工具的一部分，然后指望他们以某种神秘的、不能解释的方式逐渐理解这些概念。相反，我们直接关注学生实际中是怎样使用这些工具的，以及他们使用这些工具时可能学会什么。这种软件设计方法相当普遍，对于统计数据分析尤为重要，因为基于计算机的分析对于真实的数学实践是非常重要的。

课堂会话

课堂会话对于支持学生的学习而言是一项非常重要的活动。我们一直强调，全班讨论应该关注有意义的统计学观点，因为这些观点能够促进教师的日常教学。在这一部分，首先，我们考虑建立对课堂会话不可或缺的准则，然后再回到我们的目标——确保在交谈的话题中突现有意义的统计学观点，这样，我们就阐明了全班讨论的重要性。

建立富有成效的课堂准则与使用适当的工具、谨慎的教学活动计划以及教师指导全班讨论的技能，对支持学生的学习具有同等的重要性。关键的课堂准则是那些可被接受的基于数据的论点。学生们发现韦斯提出的关于两种类型汽车刹车后的滑行距离的论点令人信服，是因为他解释了这10辆厢式小轿车的相对较小的数据范围是如何显示出这些车的一个属性，即：这些车刹车后的滑行距离更加一致，借此人们可以决定购买哪种类型的汽车。与此形成对照的是，那些根据平均数对这两种类型汽车进行对比的学生，没有考虑过平均数是否确实有助于他们评估这两种类型汽车的安全性。为什么组织数据的特定方法和模式能深刻地反映所研究的问题？当这些学生在下一个教学任务的讨论中，分析两种不同类型汽车的10组蓄电池的使用期限时，解释这个问题的重要性就清晰明确了（图11.4）。

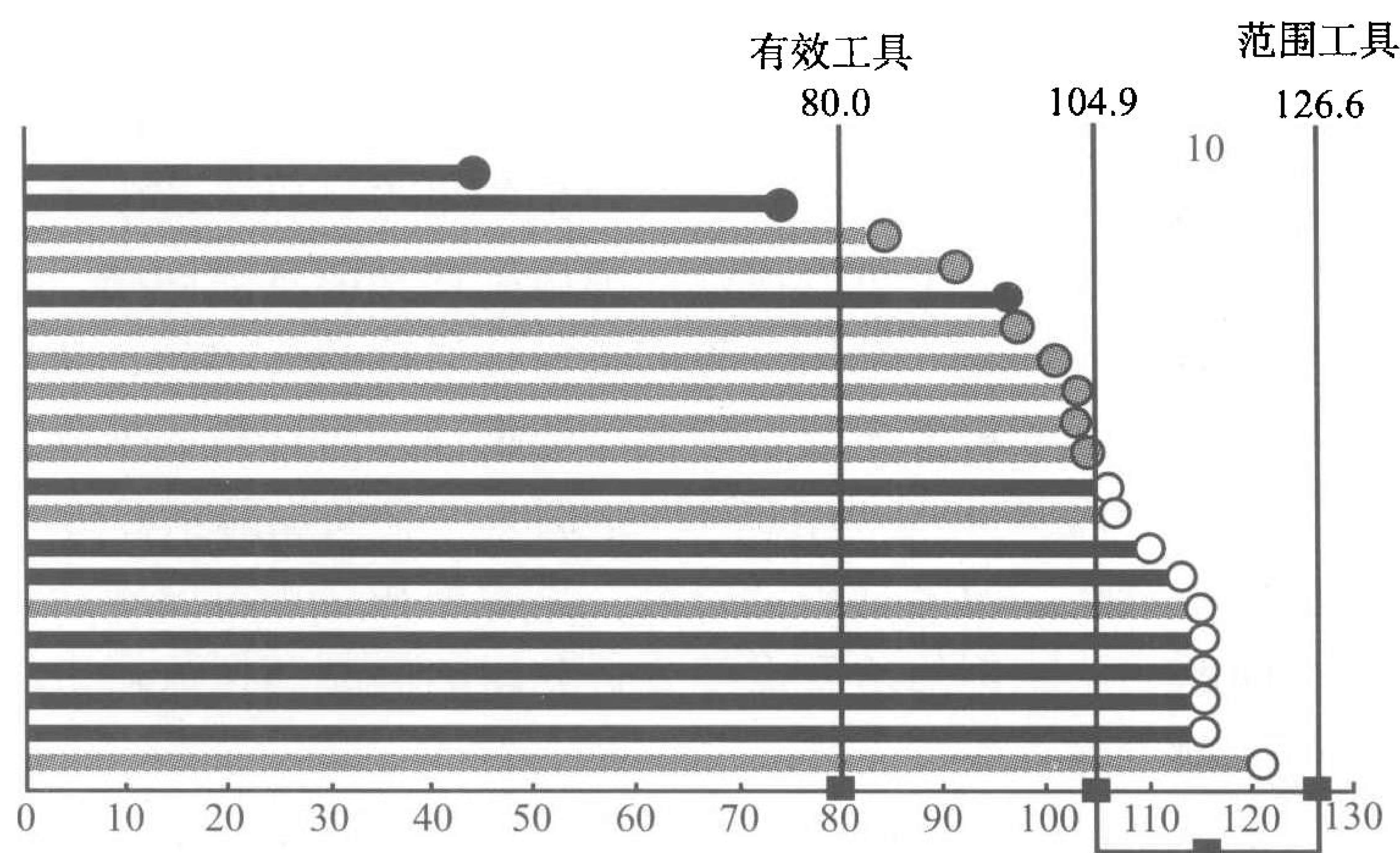


图 11.4　蓄电池组的使用

第一个解释其推理分析的学生说：她关注的是那 10 个最高的数据值（见图 11.4）。她接着注意到 10 个使用期最长的蓄电池组中有 7 个属同一品牌，因此就断定这个品牌更好。然而，在接下来的讨论中，有一点变得显而易见，即：她只关注排名在前 10 的使用期最长的蓄电池组，而不是排名在前 14 的蓄电池组，基于此作出的推论是比较武断的。与此形成对比的是，下一个学生解释自己的分析时说他以 80 小时为限把数据分离开来，因为他想要找一个至少能稳定使用 80 小时的蓄电池组。这样一来，他就阐明了用于组织数据的取向为什么与研究中的问题——判断两种品牌的蓄电池组哪一种质量更好——是相关的。随着课堂讨论的继续，很显然，学生都必须给出充足的理由来说明自己选择的分析方法是正确合理的。例如，第三个学生就比较了前面两个人的分析，他评论说：虽然排名在前 10 的使用期最长的蓄电池组中有 7 个属于同一个品牌，但是两个使用期最短的蓄电池组也属于这一品牌，因此“如果你有重要的事而使用这一品牌的蓄电池组，你有可能用的正是使用期短、质量差的电池组”。 182

在类似于这样的交流过程中，教师和学生在设计实验的早期阶段就建立了这样一个准则，即：要想一个论点被别人接受，必须说出正确合理的理由来证明用于组织数据的方法与正研究的问题是相关的。这个辩论准则的确立在支持学生学习的过程中是至关重要的。一方面，当学生简单地利用一些统计数字（如平均数、中位数、范围）而没有考虑它们是否与所研究的问题相关的时候，这个辩论准则可以让这类分析丧失其合理性。另一方面，这个辩论准则又可以作为一种方法和手段来引导学生进入另外一个重要的数学准则：在进行分析时，统计学的适当运用已经被证明与所研究的问题有关。

要确保课堂讨论的重点放在重要的统计学观点上是很有挑战性的。为了说明这些挑战，我们概述一下这位教师在制订全班讨论计划时所用的取向。在这个设

计实验的后半部分，我们组织教学活动以便学生能在一个课时内分析和撰写报告，然后教师在下一个课时内和学生一起进行全班讨论。这位教师发现这种安排很有成效，因为她能在全班讨论之前先评阅学生的报告，以了解学生用于推理分析数据的各种方法。这样反过来可以使她推测出统计学的重要问题，并且这些问题是可以作为全班讨论的话题。她用这种方法设计讨论的目的是：在比较和对比的过程中，通过融入数据分析来充分利用学生的推理，而这些数据分析是能够产生大量关于统计学的会话（McClain，2002）。例如，在艾滋病治疗方案数据这一活动中，教师就精心挑选了四个分析供讨论，目的是在全班讨论中让这两个问题都出现。这两个问题是从比例的角度推理分析数据的问题和把数据组织成四个均等的组来解读的问题。

我们描述这个计划过程的目的是要强调：虽然教学活动和工具的设计是重要的，但是有一个具备渊博的专业知识的教师来指导有效讨论也是至关重要的。在本章的开始部分，我们就指出：如果调查研究的指向是数学课实践中不可或缺的部分，那么，超越过程和内容之间二元对立的挑战在数据统计分析中就尤为紧迫。我们强调教师的重要性与那些使课程具有“对抗教师”特点的设计取向形成了鲜明对比。实际上我们发现把负责组织实际课堂讨论的教师看成一个合作设计者是很有用的，课堂讨论是支持学生了解一个学科的价值观念、信念和方法的基本手段。因此，在我们设计教学活动和工具的时候，我们总是把教师的中介作用考虑在内。我们采取的这种教学设计取向拓展了传统的关注课程的做法，同时确认了教师所起的极其重要的中介作用。那么，挑战就能促使设计出有助于教师为学生组织富有成效的学习体验的工具。

183

讨论

在本章中，我们呈现的案例研究是一个以学习科学理论和方法论为基础的基于探究的数学学习。我们讨论了课堂学习环境的四个方面，这四个方面紧密相连，我们称之为“**课堂活动系统**”（classroom activity system）。

- 统计的总目标（例如，确定数据中与所研究问题相关的模式）。
- 课堂活动的结构（例如，贯穿于数据生成过程的会话）。
- 学生用来进行分析的电脑工具。
- 课堂会话的性质（例如，参与以具有重要数学意义的问题作为话题的讨论）。

我们的取向运用了设计实验的方法论（Barab，本书；Confrey，本书）。更通俗一些来说，我们的取向是以布兰斯福德、布朗和科金概述的那些学习科学取向为基础的（Bransford，Brown，& Cocking，2000）；为了检验学习环境，他们提出了一个由四个重叠镜片组成的框架。

第一块镜片聚焦于学习环境**以知识为中心**的程度，即仔细分析教学的结果，在教学之后我们想要人们知道什么、能做什么。在这个方面，我们讨论了围绕类似于分布这样的重大统计学观点来组织教学的重要性，确保课堂讨论聚焦于重大统计学观点的重要性，以及设计出作为支持学生的统计学推理分析能力发展的手段之工具的重要性。

第二块镜片聚焦于学习环境**以学习者为中心**的程度，考察的是学习环境在多大程度上建立在学习者的优点、兴趣以及先前想法的基础上。我们在讨论如下内容的时候说明了这一焦点，即：那些初始的数据生成讨论和培养学生对所研究问题的兴趣的重要性；设计出与学生当前的统计推理分析能力相适应的工具；以及基于学生分析的全班讨论的规划。

第三块镜片聚焦于学习环境**以评估为中心**的程度，考察的是学生的思维在多大程度是明显可见或可觉察的，以便教师能够调整教学使其适应学生的推理分析能力，同时学生也能有很多机会检验和完善他们的想法。在我们讨论学生可在其中共享分析和得到反馈的全班讨论的重要性的时候，以及在我们指出学生写的分析报告是如何让教师能够评估学生的统计推理分析能力的时候，这一块镜片是显而易见的。

最后一块镜片聚焦于学习环境**以共同体为中心**的程度，考察的是课堂在多大程度上是一个学生不仅在提问时感到安全而且也能学会合作学习的环境。我们对三种教学活动的讨论——艾滋病治疗方案、刹车后的滑行距离以及蓄电池组的使用期——就可以说明课堂的这些一般特点。同时我们也强调了作为一个可以接受的基于数据的论点，该学科特有准则的重要性。

因此，我们这一基于探究的设计取向是以广泛的学习科学主题思想为基础的。我们认为，学习环境的设计者应该把课堂看成是旨在支持学生学习重要数学概念的复杂的活动体系。我们描述的这种取向从范围来看是较为广泛的；相比较而言，那些只考虑教学任务的设计或者相关工具的设计的方法就太狭隘了，并且可能因为他们没有把注意力放在整个课堂活动体系上而失败。

184

致谢

本章呈现的这一分析得到了美国国家科学基金会的支持，项目编号：REC0231037。论文中提出的观点未必反映出该基金会的立场、政策或者观点。

参考文献

Bakker, A., & Gravemeijer, K. (2004). Learning to reason about distribution. In D. Ben-Zvi & J. Garfield (Eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning, and thinking*

(pp. 147 – 168). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.

Banks, C., & Banks, J. (1995). Equity pedagogy: An essential component of multicultural education. *Theory into Practice*, 34, 152 – 158.

Biehler, R. (1993). Software tools and mathematics education: The case of statistics. In C. Keitel & K. Ruthven (Eds.), *Learning from computers: Mathematics education and technology* (pp. 68 – 100). Berlin: Springer.

Biehler, R., & Steinbring, H. (1991). Entdeckende statistik, stenget-und Blatter, Boxplots: Konzepte, Begrundungen and Enfahrungen eines Unterrichtsversuch es [Explorations in statistics, stem-and-leaf, boxplots: Concepts, justifications, and experience in a teaching experiment]. *Der Mathematikunterricht*, 37 (6), 5 – 32.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school.* Washington, DC: National Academy Press.

Cobb, G. W., & Moore, D. S. (1997). Mathematics, statistics, and teaching. *American Mathematical Monthly*, 104, 801 – 823.

Cobb, P. (1999). Individual and collective mathematical learning: The case of statistical data analysis. *Mathematical Thinking and Learning*, 1, 5 – 44.

Cobb, P., McClain, K., & Gravemeijer, K. (2003). Learning about statistical covariation. *Cognition and Instruction*, 21, 1 – 78.

Cobb, P., & Tzou, C. (2000, April). *Learning about data creation.* Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans.

Delpit, L. D. (1988). The silenced dialogue: Power and pedagogy in educating other people's children. *Harvard Educational Review*, 58, 280 – 298.

Dewey, J. (1980). Democracy and education. In J. A. Boydston (Ed.), *John Dewey: The middle works*, 1899 – 1924, Vol. 9 (pp. 1 – 370). Carbondale, IL: Southern Illinois University Press.

Dörfler, W. (1993). Computer use and views of the mind. In C. Keitel & K. Ruthven (Eds.), *Learning from computers: Mathematics education and technology* (pp. 159 – 186). Berlin; Springer-Verlag.

Gravemeijer, K. (1994). *Developing realistic mathematics education.* Utrecht, The Netherlands: CD-β Press.

Hancock, C., Kaput, J. J., & Goldsmith, L. T. (1992). Authentic inquiry with data: Critical harriers to classroom implementation. *Educational Pyschologist*, 27, 337 – 364.

Kaput, J. J. (1994). The representational roles of technology in connecting mathematics with authentic experience. In R. Biehler, R. V. Scholz, R. Strasser, & B. Winkelmann (Eds.), *Didactics of mathematics as a scientific discipline* (pp. 379 – 397). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.

Konold, C., Pollatsek, A., Well, A., & Gagnon, A. (1997). Students' analyzing data: Research of critical barriers. In J. B. Garfield & G. Burrill (Eds.), *Research on the role of technology in teaching and learning statistics: Proceedings of the* 1996 *International Association for Statistics Education Roundtable Conference* (pp. 151 – 167). Voorburg, The Netherlands: International Statistics Institute.

Latour, B. (1987). *Science in action.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Lehrer, R., & Romberg, T. (1996). Exploring children's data modeling. *Cognition and Instruction*, 14, 69 - 108.

Lehrer, R., Schauble, L., & Penner, D. (2000). The inter-related development of inscriptions and conceptual understanding. In P. Cobb, E. Yackel, & K. McClain (Eds.), *Symbolizing, mathematizing, and communicating: Perspectives on discourse, tools, and instructional design* (pp. 325 - 360). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

McClain, K. (2002). Teacher's and students' understanding: The role of tool use in communication. *Journal of the Learning Sciences*, 11, 217 - 249.

McClain, K., & Cobb, P. (2001). Supporting students' ability to reason about data. *Educational Studies in Mathematics*, 45, 103 - 129.

McClain, K., Cobb, P., & Gravemeijer, K. (2000). Supporting students' ways of reasoning about data. In M. Burke (Ed.), *Learning mathematics for a new century* (2001 *Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics*) (pp. 174 - 187). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

McGatha, M., Cobb, P., & McClain, K. (2002). An analysis of students' initial statistical understandings: Developing a conjectured learning trajectory. *Journal of Mathematical Behavior*, 16, 339 - 355.

Meira, L. (1998). Making sense of instructional devices: The emergence of transparency in mathematical activity. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29, 121 - 142.

Noss, R., Pozzi, S., & Hoyles, C. (1999). Touching epistemologies: Statistics in practice. *Educational Studies in Mathematics*, 40, 25 - 51.

Pea, R. D. (1993). Practices of distributed intelligence and designs for education. In G. Salomon (Ed.), *Distributed cognitions* (pp. 47 - 87). New York: Cambridge University Press.

Roth, W. M. (1996). Where is the context in contextual word problems? Mathematical practices and products in grade 8 students' answers to story problems. *Cognition and Instruction*, 14, 487 - 527.

Wiggins, G., & McTighe, J. (1998). *Understanding by design.* Washington, DC: Association for Curriculum and Supervision.

Wilensky, U. (1997). What is normal anyway? Therapy for epistemological anxiety. *Educational Studies in Mathematics*, 33, 171 - 202.

第12章

187

协作会话分析

R. 基思·索耶

在传统的教学中，教师要么通过讲课的形式，要么通过指定的阅读材料给学生提供信息。通常，这种信息由陈述事实的单句以及用于解决具体问题的分步程序构成。教师期待学生熟记这些信息，然后通过考试中的良好表现来显示自己已经背熟这些信息。考试的形式有两种，要么是对事实的正确复述，要么是运用熟记的程序解决问题。这就是广为人知的**传授—习得**的教学与学习模式。与此相反，学习科学研究强调的是一种新的学习模式。在这种新的学习模式中，教师与学习者共同体中的学生一起工作；当学生一起建构知识的时候，教师为学生的项目小组提供合适的脚手架。在一个以这些学习科学中新兴的科学原则为基础的课堂中，学生在一起建构知识的时候常常会互相交谈。教师总是在场但绝不会在讨论中处于支配地位；教师常常会促进或者引导学生们的讨论，但如果学生们正在一起高效地工作，有经验的教师就会意识到自己能做的最好就是保持沉默。

在强调同伴协作（peer collaboration）的时候，学习科学利用的是二十多年的教育研究成果。这些成果一直都用实证说明协作有助于学生的学习（Bossert，1988－1989；Johnson & Johnson，1992；Kumpulainen & Mutanen，2000；lavin，1990，1992；Webb & Palincsar，1996）。例如，同伴互教（peer teaching）已被证明能同时提高教师同伴（peer teacher）和学生同伴的学习效果（Bargh & Schul，1980；Fuchs et al.，1997；Palincsar，Brown，& Campione，1993），而合作课堂小组（cooperative classroom groups）要比竞争性的学习环境（competitive learning environments）或者个别化结构的学习环境（individualistically structured learning environments）更好地促进学习（Johnson & Johnson，1974，1979，1989）。在结构化的课堂组织形式中，合作能增长学生的知识；这在许多学科中已得到证明，包括生物学（Lazarowitz & Karsenty，1990）、数学（Fuchs et al.，1997；Webb，1991）、记叙文写作（Daiute & Dalton，1993）和计算机编程（Webb，Ender & Lewis，1986）。这些已有的

研究成果对教育实践产生了深远的影响；在职教师们认为协作小组（collaborating groups）提供了一个独一无二的有效学习环境（Antil，Jenkins，Wayne，& Vadasy，1998），并且大型的评价项目（large-scale assessment programs）和小型的课堂评价（small-scale in-class assessment）越来越多地使用协作小组工作的形式（collaborative group work）（Webb，1995；Webb et al.，1998）。美国国家研究委员会编著的美国**《国家科学教育标准》**（*National Science Education Standards*，1996）和国家数学教师委员会编著的**《数学教学专业标准》**（*Professional Standards for Teaching Mathematics*，1991）都提倡在探究中协商协作。 188

格里诺（Greeno，本书）认为学习科学把学习研究中的两种流派——认知流派和交互流派——合二为一了。信奉认知流派的研究者们通常运用实验研究方法把单个的学习者带进实验室，以便除了感兴趣的自变量和因变量以外，其他所有的变量都能得以控制。然而，应用实验研究方法几乎不可能研究交互，这是因为当要求一组学习者一起完成一个任务的时候，实验研究方法要想控制全部变量中诸多与交互有关的变量几乎是不可能的，即便这组学生进入实验室后，给予一个说明详细、范围限定的讨论任务。而且，无论如何，绝大多数交互研究者都坚信，研究交互一定要在真实世界的情境中：这就是**自然发生的会话**（naturally occurring conversation）。一组学生在实验室中一起完成一个假定任务的时候所进行的谈话可能与在课堂这一真实情境中的谈话截然不同。

考虑到这些原因，交互流派已经开发出了种种非实验的研究方法用以研究对话。这些方法源于20世纪60年代，从那以后一直不断地完善。我把这些方法统称为**交互分析**（interaction analysis）。这些方法旨在分析自然发生的会话。在教室里，自然发生的会话是指学生参与正常的课堂活动时彼此之间进行的会话。自从90年代初以来，这些方法一直是在学习科学中占支配地位的研究方法；好几篇分析学习交互的方法论的论文在研究学习的科学家中产生了广泛影响（包括Chi，1997；Jordan & Henderson，1995；Lemke，1998）。

本书中的许多项目都描述了体现小组协作的影响力的学习环境。研究学习的科学家通常分析的是进行日常学习活动的真实课堂。在许多研究中，他们都使用了交互分析。在本章中，我要描述的是交互分析的方法论，即用于检验协作会话（collaborative conversation）是如何促进学习的方法。

协作会话

对会话的科学研究始于20世纪60年代，当时研究者们首次接触到电影设

备。第一批研究日常会话的学者就被称作**会话分析者**。会话分析者们关注绝大多数人目前依旧不知道的会话的微秒动态（microsecond dynamics of conversation）。他们创新了转录（transcription）的方法，用以捕捉并记录文字所不能提供的信息，如谈话过程中的停顿、叹气、中断以及重叠性的话语等现象所隐含的信息。下面就是一段伊曼纽尔·谢格罗夫（Emanual Schegloff）对一次电话谈话的开始部分所作的转录。

例 12.1　一次电话谈话的原始对话（摘自 Schegloff，1986，p.114）

1	(phone rings)	(电话铃响了)
2 南希	H'llo:?	你好:?
3 伊拉	Hi:,	嗨:,
4 南希	^Hi::.	^嗨::。
5 伊拉	Hwaryuhh =	你好吗？ =
6 南希	= Fi: ne how'r you,	= 很：好。你呢？
7 伊拉	Okay: [y	不错：[你
8 南希	[Goo: d,	[还：好，
9	(4 second pause)	(停顿了 4 秒钟)
10 伊拉	'mkhhh [hhh	嗯嗯嗯嗯 [嗯嗯嗯
11 南希	[What's doin,	[在做什么，

189　我们都能看出这是一段极其平常的会话，但即使是如此普通的会话，转录也能揭示出许多我们都认为是理所当然的方面。例如，在第 3 行，伊拉并没有作自我介绍，而只是说了声"嗨"（Hi）。"嗨"（Hi）后面的冒号"："表示一个被拉长了的元音——她拉长了"i"的发音。南希所说的话（第 4 行）表示她听出来是伊拉的声音：她开始说这句话时的音调比先前更高、更尖锐，转录者用了一个补注号"^"来标示；她说话的声音也比先前更大了，转录者用一个下划线"____"来标示；并且她也拉长了元音"i"的发音，甚至比伊拉拉得还要长。在这个会话片段的其余部分，重叠性的话语（用方括号"［］"标示）、长时间的停顿以及被拉长了的元音都表明这两个谈话者之间高度亲密的关系。如果我们亲耳"聆听"这段会话录音，我们会潜意识地"知道"这一点，但是只有使用了详细的会话分析，我们才能挖掘微秒交互性特征。只有通过这些特征，才有可能理解这段对话。

当会话分析者在一系列广泛的情境和文化中研究会话的时候，这些内隐的理解并不能处处适用。如果你与这两个说话者一样是一个有中产阶级的、欧美文化背景的人，你才能理解这段电话谈话中隐含的意义。这两个会话者就像所有的会

话者一样，能够相当熟练地在其他不太亲密的情境中以截然不同的方式交谈。例如，当他们在电话中与他们的老板或者与一个美国国内收入署官员会话时，方式肯定与上面转录的会话不同。我们大家共享的“文化”，部分就是这些隐含的理解，诸如关系是如何通过独特的交互模式来建立和维持的。20 世纪 60 年代和 70 年代期间，这些会话分析者们在理解日常社交情境中的交互方面取得了长足的进步。

几乎是在会话分析刚刚开始的时候，研究者们就已经把这些分析方法运用在课堂中。第一个对课堂会话进行录音并转录的研究出现在 1966 年一本名为**《课堂语言》**（*The Language of the Classroom*）（Bellack et al.，1966）的书中。他们建立了一套至今仍在使用的研究方法：首先，他们把课堂会话分割成话轮转换（interactional turns），或者他们借用国际象棋中的棋步（moves）这个术语。然后，他们识别出说话者的每一个话轮。紧接着，也是该套研究方法中最重要的一个步骤，他们开发了一个系统来为每一棋步的交互功能进行分类。此后，他们开始寻找**教学周期**（teaching cycles），即那些经常发生的棋步的程序序列。最后，他们在所有周期中发现了占 48% 的最为常见的一种教学周期，即：

1. 教师以问题的形式发出的请求性棋步（soliciting move）；
2. 学生针对教师的提问作出的应答性棋步（responding move）；
3. 教师对学生的回答作出的一个可选的评价性反应（evaluative reaction）。

交互分析者通常把这种反复出现的序列称为**交互程序**（interactional routine）。他们发现，交互程序具有松散的结构，拥有共同文化的参与者才能理解，并且都知道如何参与这些程序才能成功。例如，一次电话会话的最初几个话轮（仍以示例 12.1 为例）就是一种程序。交互分析者还发现，几乎所有的程序都为改变留出了余地。虽然会话者明确具体地指定了交互的基本流程（the basic flow），但还是经常有岔开话题的可能性和允许即兴行为发生的空间。一次电话会话可以多种不同的方式开始，这取决于会话者之间的关系和打电话的目的。这些都代表着同一个基本程序中的各种变化。

贝拉克（Bellack）等人在 1966 年使用的这种研究方法——首先把会话分割成话轮，然后对每个话轮进行分析编码——与会话分析（conversation analysis）有着细微但重要的不同之处。因为贝拉克等人使用的这种研究方法没有涉及详尽的微秒转录（microsecond transcriptions），而且重叠性的话语常常被忽略。由于这些不同之处，绝大多数学者至今依然用会话分析来指代那些运用了详尽的转录方法并对单一会话片段进行了缜密的定性分析的研究［正如后面描述的索耶和伯森（Sawyer & Berson）作的研究一样］。我运用**交互分析**这个术语泛指用于研究言语交互（verbal interaction）和非言语交互（nonverbal interaction）的所有研究方法，包括会话分析中的那些详尽的方法、贝拉克等人的 190

编码技术，等等。

在20世纪70年代，交互分析方法被用于一系列重要的课堂会话研究。辛克莱和库尔撒德（Sinclair & Coulthard，1975）像贝拉克等人一样研究了同样的程序，但是他们通过开发一种更为复杂的话轮转换类型系统（system of move types）拓展了这一分析。米恩（Mehan，1979）把这种程序称作引发—反应—评价（Initiation，Response，Evaluation，简称IRE）。他分析了教师和学生在这个程序的基本形式上作临时改变的方法，以及这些程序联系在一起形成长达一小时的一节课的方法。

到了20世纪80年代，会话研究者们已经对传统的课堂会话有了很好的了解。他们有大量的关于传授—习得教学方式在课堂中展开情况的翔实资料。就在这时，学习科学也正在用实例说明诸如IRE程序之类的传授—习得教学方式并不是最有效的学习方式。例如，IRE与建构主义正好相反，在IRE序列中，儿童并没有机会去积极主动地建构他们自己的知识。IRE与专业人员和科学家们在从事探究和项目研究时所使用的会话形式完全不同（Krajcik & Blumenfeld，本书）。IRE也与发生在真实世界中的学徒制情境中的情境会话形式完全不同（Collins，本书）。IRE占支配地位的课堂不是一个实践共同体，而是一个由教师主导的等级体制。

学习科学的研究成果表明，课堂结构开始改变，摒弃了那种由教师授课或者通过IRE序列控制讨论流程的传授—习得教学方式。对情境观（situativity）和协作知识建构的研究说服了许多教师，使他们愿意让学生以小组的形式一起工作，合作从事一个项目，一起主动建构知识（Greeno，本书；Krajcik & Blumenfeld，本书；Scardamalia & Bereiter，本书）。因此，发生在这些课堂中的会话方式与传统的诸如IRE之类的会话方式是截然不同的。当学生以协作小组的形式一起学习时，这些课堂中的很多会话发生在同班同学之间。即使有时候教师参与了学生的讨论，他们也绝不会支配讨论，而是对学生的讨论起一种促进的作用。

在解释协作有益于学习的时候，研究者们从一系列不同的理论视角出发，认为会话在小组和个体的学习中起中介作用（Fisher，1993；Johnson & Johnson，1992；Kumpulainen & Mutanen，2000；Mercer，1996；Webb，1991，1995；Webb & Palincsar，1996）。会话是一个把小组知识建构转化为个体的认知发展的场所。学习科学的一个关键特征就是：它致力于更好地理解认知发展以及交互是如何在学习环境中共同起作用的（Greeno，本书）。为了更好地理解个体学习与小组知识建构如何在一个学习科学指导的课堂中共同起作用，我们就需要把交互分析的这些方法应用到课堂会话中。

在20世纪80年代，教育研究者开始用交互分析研究协作学习。研究协作学习的研究者一直关注有助于学习的会话的三个方面。第一，提供解释和接受解释都有助于儿童的学习（Bargh & Schul，1980；Fuchs et al.，1997；Swing & Peter-

son，1982；Vedder，1985；Webb，1984，1991，1992）。第二，在社会认知理论框架内进行研究的研究者一直都强调冲突和矛盾所起的中介作用（Bearison，Magzamen，& Filardo，1986；Doise & Mugny，1984；Perret-Clermont，1980；也可参见 Andriessen，本书）。第三，在维果茨基或者社会文化理论框架内进行研究的研究者们一直强调参与者怎样在彼此思想的基础上共同建构新见解，而这种见解对每个参与者而言都是以前没有遇到过的（Forman，1992；Forman & Cazden，1985；Palincsar，1998）。在这三个方面中，社会文化流派一直最密切关注会话（Durán & Szymanski，1995；Forman，1992；Gee & Green，1998；Hicks，1995；Palincsar，1998；Wells & Chang-Wells，1992）。这个研究流派一直把皮亚杰的认知冲突理论与维果茨基的社会文化理论结合在一起，以此形成了一个新的观点：知识是在社会情境中共同建构的（Kelly，Crawford，& Green，2001；Musatti，1993；Tudge & Rogoff，1989；Verba，1994），而且意义则是通过话语交互在社会情境中建构的（Wells & Chang-Wells，1992）。重视小组交互过程而不是教育产出已经成为社会文化流派的一个鲜明特征。

191

这三种研究流派已达成了一个共识：会话交互（conversational interaction）是一个中介机制；协作正是凭借这一中介机制促进学习的。这就是为什么学习科学家们持续不断地研究协作会话过程的原因，学生在小组中通过话轮转换交互模式（the turn-by-turn interaction patterns）实现协作。许多学习科学研究者利用社会文化理论坚持并主张：知识在交流中首先表现为共有的和外显的——在会话中显露出来，然后才被个体内化（Scardamalia & Bereiter，本书）。

新近的研究一直在关注科学学科（van Boxtel，Linden，& Kanselaar，2000；Finkel，1996；Green & Kelly，1997；Kelly & Crawford，1997；Kelly，Crawford，& Green，2001；Klaasen & Lijnse，1996）、数学（Cobb，1995；Cobb et al.，1997；Saxe & Bermudez，1996；Sfard & Kieran，2001；Sfard & McClain，2002）和读写能力教育（Nystrand et al.，1997）中的协作会话过程。许多教育研究者指出：协作会话导致新的见解和表征的浮现；而且，一旦这些交互社会建构浮现，就会约束协作，并保证协作持续进行（Cobb et al.，1997；Sawyer，2001，2003）。依据这种“浮现的视角”（Cobb et al.，1997；Saxe & Bermudez，1996），对教育中协作的全面理解，既需要关注个体的发展，又需要关注整个时代的社会变化（Saxe & Bermudez，1996）。在小组讨论中，整个小组的动力和每个个体的学习都从小组会话中浮现出来。

仅仅关注个体的思想和行为而脱离整个会话的情境，很难把协作会话充分地解释清楚（Sawyer，2003）。这就是交互分析者们为什么不用实验研究方法的原因。许多学习科学研究者除了重视会话参与者头脑中发生的知识以外，也关注那些外在的、可见的、分布式的浮现知识（参见 Greeno，本书；Kelly，Crawford，

& Green，2001，p. 268；Middleton & Edwards，1990，p. 23；Sfard，2002）。交互分析方法与学习科学的观点相似：知识和学习常常是小组的共有财产，而不仅仅是个体的所有物（Hutchins，1995；Rogoff，1998）。

交互分析的三个例子

在本章剩下的部分，我将详细阐述已经被学习科学家采用的三个不同的交互分析方法。这三个例子主要反映了两个特点。

第一，在这三个例子中，学习会话都有外部表征作为脚手架。一系列不同的学习科学研究都已证明外部表征能够增强协作会话的教育作用（Lehrer & Schauble，本书；Cobb，1995，2002；Kelly & Crawford，1997；Kelly，Crawford，& Green，2001；Saxe & Bermudez，1996；Sfard & McClain，2002）。这类研究表明，表征是个体内部思维外在的可获得的形式。外部表征通过促进学生**反思**而激励深层学习。**反思**指的是学生对自己正在学习的东西以及学习过程本身作深入思考的能力。

192

第二，每个例子都选择了一个不同层面的细节作为分析对象。前两个例子取自研究者对数小时之久的课堂会话加以分析的项目研究。由于交互分析是一项劳动密集型的、很耗费时间的工作，研究者收集了大量的交互数据资料之后，由于时间的原因，他们不能对每个片段都进行详尽的分析。第三个例子把最小层面的细节——中断、停顿及重叠性话语——作为分析对象，运用会话分析方法，对细节作了详尽的转录。这个例子取自于研究者对时长仅 12 分钟的谈话加以分析的研究。我选择这些例子的目的是用实例来说明所有的交互分析都面临着研究方法的重要抉择：选择一个适当层面的细节作为分析对象，所要选择的层面应该与所要研究的问题相匹配。

计算机支持的科学协作

学习科学已经发现：对学生来说，学习科学学科的最好方法就是让学生运用专业的科学家们所使用的方法来学习科学内容。凯莉和克劳福德（Kelly & Crawford，1996）认为，对于真实地参与科学共同体的学生来说，他们需要学会运用科学语言。他们为十二年级学习科学学科的学生设计了一种基于计算机的实验室，目的是设法让学生参加有关自然科学现象的会话——给学生提供学习如何运用科学语言会话的机会。

例 12.2　图 12.1 中分析的转录

劳拉	真是简单明了	看着计算机显示屏
南希	大圆圈	
	上下跳动吗	对着劳拉说
计算机		图像出现了
南希	那它为什么慢了?	南希移动鼠标
	距离与时间相对，所以当你	其他人看着显示屏
	更近时，它就以这种方式更远?	
史蒂夫	[不，那或许] 只是多远	史蒂夫用手指着显示屏
南希	[不，那是时间]	南希用鼠标指着
劳拉	那是时间	
史蒂夫	它离得多远了	
南希	时间是那个，而且，	用鼠标指着
	此外，距离是这个，	看着劳拉
	当你时间这么接近时，	
	你就会离得非常远	晃动鼠标

他们研究了由三、四位十二年级的学生组成的多个小组，在学生分析示波图时转录他们的会话。示波图能记录学生走近运动探测器时的动作。这台运动探测器是连接在地板上的，当学生从它旁边经过或者在它旁边上下跳动时，示波器就会显示出一条表示地板震动的正弦波。凯莉和克劳福德从如下三个方面分析了每个时长 45 分的小组会话片段：(1) 把会话情节分解成会话话轮；(2) 确定将小的会话片段组合形成较大的参与结构 (participant structures) 的方式；(3) 运用这些更大的参与结构单元来确定交互形式。例 12.2 给出的是一个转录示例，图 12.1 显示了研究者如何表示这些多层次的结构。从图 12.1 中可以看出，最小层次的结构是**信息单元**(message unit)，就是一个单独的会话话轮或者一个计算机的行为。在图 12.1 中，每个信息单元都独立成行出现。然后，他们进一步识别出**动作单元**(action unit)。动作单元由一个或多个彼此之间有语义关系的信息单元组成，代表了一个组员一次有意识的动作。动作单元代表了学生选择要公开展示的思维。在图 12.1 中，动作单元是以纵向延伸的长方形出现在“交互结构图”栏中的。最后，他们确定了由一个或者多个动作单元组成的**交互单元**(interaction unit)。交互单元包括一个行为和一个反应。在图 12.1 中，交互单元被“交互结构图”栏中的动作单元区组 (action unit block) 之间的箭头隔开。最长的交互单元开始于第 236 行中南希的问题，结束于第 244 行中史蒂夫的反应。

193

行	南　希	史蒂夫	劳　拉	计算机	交互结构图	非语言行动	代　码
232			真是简单明了		r+	看着计算机屏幕	反应
233	大圆圈				r+	给劳拉看	
234	上下跳动吗				r+	表明一个实验轮次	
235				呈现	r+	三人在笑	反应
336	为什么慢了				q+	南希移动鼠标	寻求澄清
237	距离与时间相对				r+	〃	展示
238	当你靠近时				r+	〃	声明
239	它就				r+	〃	〃
240	以这种方式离得更远				q+	〃	〃
241	不,那是时间	不,那或许只是多远			r+ r+	南希移动鼠标,史蒂夫指着屏幕	展示(南希)声明(史蒂夫)
242			那是时间		r+		
243		多远			r+		
244		它离开了			r+		
245	时间是那个				r+	南希移动鼠标同时指向	声明(南希)
246	而且				r+	点头	
247	此外				r+	〃	
248	距离是				r+	〃	
249	这个				r+		
250	当你那么近				r+	南希看劳拉	
251	你就非常				r+		
252	非常远				r+	南希晃动鼠标	

图 12.1　三名学生在一台计算机上的合作，从左到右，各栏代表行号、三位说话者、计算机的反应、交互结构图、非语言的行动和研究员分配的代码。

凯莉和克劳福德通过运用计算机显示的运动表征（representation of motion）方式关注这些学生会话如何产生的。在话轮层面上，转录揭示出学生选择公开什么信息。在动作单元层面上，转录揭示出话轮是如何与完成有目标的活动息息相关。研究者运用这个层面来理解学生使用计算机的多种不同的方式。在图 12.1 中，言语行为和非言语行为都显示出计算机是如何介入这次会话的。凯莉和克劳福德确定了计算机表征介入学生会话的五种方式（参见图 12.2）。在这五种类型的交互中，计算机被看作是小组的一员，几乎像另一个实体一样参加了会话：　194

- 学生使用计算机并让计算机支持他们努力做事。
- 计算机帮助小组建构意义，例如，通过在小组中阐明概念上的差别。
- 计算机是重要数据资料的外部表征。
- 计算机引发学生的反应（图 12.1 中第 235 行就是一个例子）。
- 计算机给学生呈现了出乎预料的信息。有时，对于学生而言，这些信息是他们现有的概念框架难以解释的。

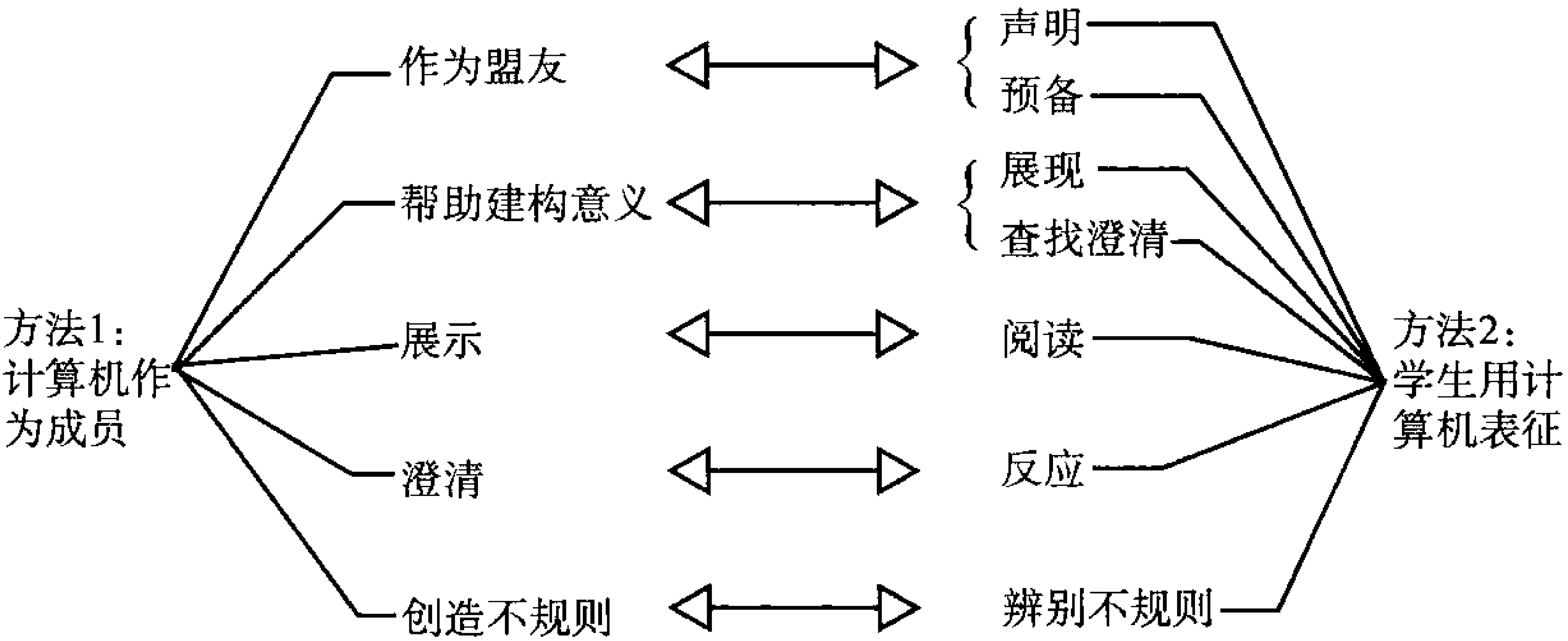


图 12.2　三名学生间的会话之中计算机表征的一些方式。方法 1 中，计算机功能体现为会话中的第四人；方法 2 中，计算机由会话中的一名学生使用。方法 1 中计算机各功能与方法 2 中的相关功能相联系。

在其他场合中，每个会话参与者都会利用计算机表征；此时，他们不是把计算机看作另一个参与者，而是从自己的角度出发把计算机看成一种支持源（参见图 12.2）。因此，计算机在小组会话中就有了一种特殊的双重身份，使其在支持学习时极为有效。

协作的潜在问题

施华德和基兰（Sfard & Kieran，2001）研究了数学课中的协作会话，用来评价如下论断：许多学校科目运用协作学习，都达到了比较好的效果。他们从两个学习代数的 13 岁男孩那里收集了两个月之久的录像带资料（Sfard & Kieran，

2001）。经过两个月的协作学习之后，这两个男孩的数学成绩都提高了，并高于全班平均分，表面看来这似乎体现了协作学习的益处。但是研究者认为（这两个男孩之间的）协作并不像它原本可能的那样有效。例如，虽然两个男孩的成绩都提高了，但是其中一个男孩的成绩提高得比另一个男孩的成绩高得多。因此，研究者就作了一次交互分析，以便能够更好地理解这种协作怎样才能更加有效。

他们从时长 30 小时的录像带中截取了两个简短的片段进行分析。其中一个片段是讨论如何理解北极附近一年中每天日照时间表（显示出夏天是 24 小时，冬天是 0 小时）。他们要求先“描述一年中日照时间发生了什么变化”，然后得到如“哪个时期日照时间增加最快”等 5 个不同的脚手架问题。这次讨论的一个片段的转录如图 12.3 所示。

195

所做的行为	所说的话语
	19：14
	[1] 阿里：在哪段时期日照时间增加最快？逐天地看
	[2] 居尔：哇。
	[3] 阿里：增加最快？
[4] “从第 60 天”，居尔指向（60.0）；“到第 290 天”，居尔指向（290.0）。	[4] 居尔：嗯（咕哝着说），从第 60 天到……290 天。 [5] 阿里：从第 60 天到
	[6] 居尔：第 290 天。哦，不，不，不，不。（咕哝着说）
	[7] 阿里：从第 60 天到第 100 天。
	[8]（这时，老师或者其他什么事情打断了会话）
[9] 居尔沿着 X 轴上的 250 处的线指着	[9] 居尔：所以是从第…… [10] 阿里：在哪段时期日照时间增加最快？逐天
[11] 居尔沿着 X 轴上的 100 处的线指着	[11] 居尔：第 100 天
	[12] 阿里：60 到 100，从第 60 天到第 100 天。
[13]“上面这里”，居尔指着（100.24）“到第……”，居尔沿着上面的横线和下面的竖线到大约（100.24）与（250.24）之间的位置	[13] 居尔：哦，不，不，不，不，不。看，看，上面这里，是从第 100 天到第……到第 [14] 阿里：你在说什么？ [15] 居尔：55
	[16] 阿里：哪儿？

续图

所做的行为	所说的话语
	[17] 居尔：看，在这里与这里之间变化得最快。看到了吗？
[17] “这里与这里”，居尔来回指了好几次，直到上面的横线的最顶端，大约（100.24）与（250.24）之间。	[18] 阿里：哦？完全一样嘛。
	[19] 居尔：不，因为看到它移上去了（咕哝着说）
[19] 居尔沿着 X 轴上从 100 到 0 之间的线的下降部分指着	[20] 阿里：它上升最快
	[21] 居尔：因此就是从第 100 天
	[22] 阿里：到第 100 天
	[23] 居尔：不是，是从第 100 天到第
[23] 居尔仍旧用手指着 X 轴上大约 250 处的位置	[24] 阿里：不，不，不
	[25] 居尔：到第 260 天
	[26] 阿里：我说的不是那儿
	[27] 居尔：280，到第 280 天
	[28] 阿里：看，哪段时间，这段时间，这段时间变化最快
	[29] 居尔：哦，不是，问的是从第几天到第几天
	[30] 阿里：再读一下这个问题。哪段时间？
[30] 阿里在居尔的问卷上“时间”部分的下面画了线	[31] 居尔：上面，这里，时间
[31] 居尔沿着 Y 轴上表示 24 小时的横线指着	[32] 阿里：不对，那里没有变化，那里一点变化都没有，是这里吧
[32] “那里没有变化”，阿里沿着 Y 轴上表示 24 小时的横线指着；“是这里吧”，阿里用铅笔在图表 Y 轴上表示小时的 20 到 24 之间画线	[33] 居尔：不对
	[34] 阿里：哪个是 90
	[35] 居尔：就在这里

续图

所做的行为	所说的话语
[35] 居尔沿着图表上 0 到 100 之间线条的上升部分指着	
	[36] 阿里：不，在这里
	[37] 居尔：你不懂，是吧？如果像这样
[37] 居尔沿着图表上从 0 到大约 250 之间的曲线部分指着	
	[38] 阿里：好的，从 60 到 100，对吗？
	[39] 居尔：不对
	[40] 阿里：对的，我要把那个写下来了
	[41] 居尔：为什么？
	[42] 阿里：我们可以有不同的答案。
	[43] 居尔：为什么？我不在乎。
	[44] 阿里：阿勒特地区日照时间最长是多少？
[44] 居尔仍然指着大约（250.0）的位置	
	[45] 居尔：到第 250 天。
	[46] 阿里：24
	[47] 居尔：稍等，稍等。
	[48] 阿里：24
	[49] 居尔：250，听我说，把它改过来。不管怎么样都不要紧。
	22：40

图 12.3　对两个学生分析北极附近一个地点的全年日照时间表的会话的转录

196

施华德和基兰开发出一种新的对转录进行编码的方法。这种编码方法产生了一个交互流程图（interaction flowchart）（见图 12.4）。

阿里（Ari）的行为在左栏中，居尔（Gur）的行为在中栏中，他们的组合行为在右栏中。每个圆圈代表一次发言，这与图 12.3 中的转录是一致的。**反应箭头**（reactive arrow）要么是垂直指向，要么是向后或向上的斜线指向，表示箭头始发的这句话是对箭头指向的那句话的反应；**前摄箭头**（proactive arrow）要么是垂直指向，要么是向前或向下的斜线指向，表示箭头始发的这句话期待能引起反应，而箭头指向的那句话就是所期待的反应。要指出的是，即使前摄箭头所指向的那句话实际上不是一个反应，前摄箭头也被画出来了。这种情况出现在交流中发生错误传达或者所说的话被忽视的时候。垂直箭头把同一个说话者所说的话语连接在一起，斜线箭头则把这两个说话者所说的话连接在一起了。

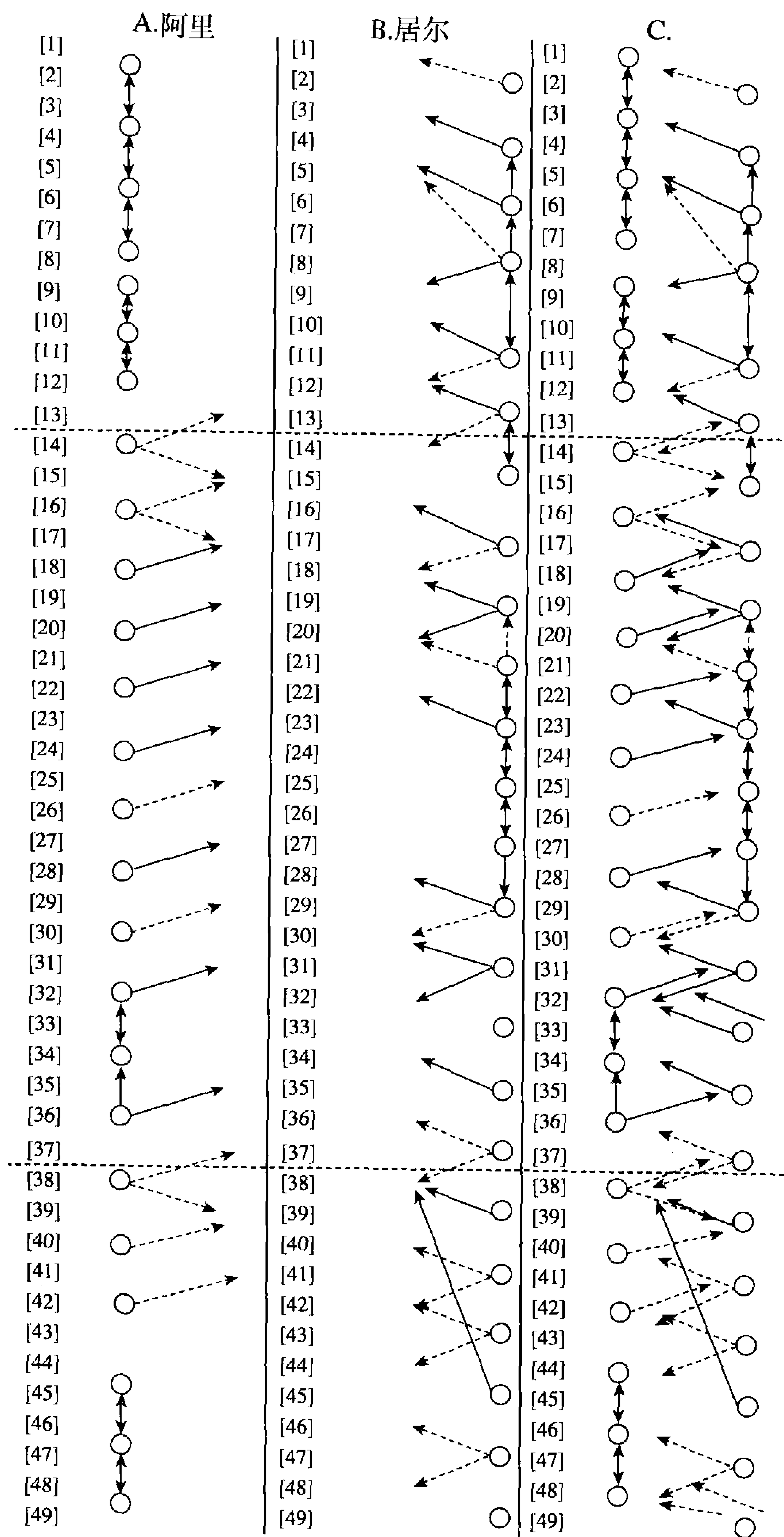


图 12.4　图 12.3 中转录的交互流程图

阿里的行为显示在左栏，居尔的行为显示在中栏，两人的共同行为显示在右栏。向上的斜箭头表示对先前一句话作出的反应；向下的斜箭头表示说话人期待对方作出反应。

这种视觉编码方法（visual coding method）揭示出好几个重要事实，说明了为什么这次会话没有达到原本应有效果。第一，阿里的第一栏中几乎没有前摄箭头，这说明阿里并没有对着居尔说话，即他几乎没有说过期待居尔作出反应的话语。同时，虽然他说了一些反应性的话语，但是这些话语的应答性并不强——这些话语多半是些表示不同意的简单句。相反，居尔说了许多前摄性的话，他试图保持会话并激励对方回应。这种视觉编码方法表明居尔对真实的交流感兴趣，而阿里对此并不感兴趣。人际交互似乎妨碍阿里的思考。施华德和基兰得出如下结论：阿里关注解决数学问题，即使仅有他自己；而居尔关注交互本身。因此，虽然两个男孩的成绩都提高到高于班级平均分，但是阿里的期终考试成绩却比居尔的期终考试成绩高得多。他们总结说，解决协作问题需要不断地依次交换两种需求，即驾驭人际沟通的需求和进行个体思维的需求（p. 64）。因此，许多学生在如何参与有效的协作方面可能需要明确的指导（Azmitia，1996）。

见解浮现的时刻

索耶和伯森（Sawyer & Berson，2004）通过分析一个大学生研究小组的协作会话，仔细研究了学生在心理学课上如何利用听课笔记帮助自己进行协作和联合学习（joint learning）。在小组讨论期间，学生大多数时候都是低头看着各自的笔记本说话；但是他们偶尔也会抬头看看彼此，不看笔记本参与会话。会话研究一直强调眼睛注视在驾驭话轮转换和控制话语权方面的重要性（Goodwin，1981；Kendon，1990；Viechnicki，1997）。

我们发现，这个会话呈现出不同的方式，这取决于学生是抬头看彼此，还是低头看笔记本。我们区分出在会话动态中的三种差异。第一，当学生低头看笔记的时候，**反馈通路**（back channeling）就比较少。“反馈通路”指的是当说话者继续说话的时候，听话者所进行的语言和非语言的交流。第二，当学生低头看笔记本的时候，重叠性话语就比较少；而当他们抬起头的时候，重叠性话语就经常发生。第三，当学生低头看笔记本的时候，学生在话轮之间和话轮之内停顿的时间都更长。为了标示出学生低头看笔记本的时间，我们用斜体字转录低头时说的话。例如，在转录的第一个话轮，玛丽是照着笔记本读的。在她说这句话的时候，没有任何反馈通路发生。对比贝丝的话轮，在话轮（4）中，也有类似的长度和内容，而这时整个小组的人都抬头看着。苏珊和玛丽在这个话轮期间每个人点了两次头，玛丽还有一次在进行反馈通路时说了“嗯”：

（1）玛丽：*而且，因此希利（Healy）提出了单元假设（Unitization Hypotheses），其内容是：那些复杂的模式最终会被当作整个单元来加工。刺激*

因素不需要任何 [(4)]①

(2) 苏珊：因此，那只是一个假设，并不一定……

(3) 玛丽：我——我猜它几乎就像（2）一个结论，嗯 [(4)]② 苏珊：(点头)

(4) 贝丝：或许因为与以上的这个相关——嗯——我们或许看到诸如“of”之类的单词了，有许多，所以它就是 [必然的]，因此那可能就是为什么了。(3)③

苏珊、玛丽：(点头)

玛丽：[嗯。] (点头)

苏珊：(点头)

笔记本的使用为学生提供了两种不同的参与协作会话的方式。当每个人都专心于一个外部表征的时候他们可以会话；他们也可以直接对着彼此说话。后面的那种方式更具有日常会话的特点：语言和非语言的背后会话、重叠性话语以及较为短暂的停顿。

通过协作会话学习

诸如重叠性话语和背后会谈之类的话语现象，其根本目的还是为了交互和协作。但是如果不对会话作详尽转录的话，或者仅对一个说话者的话轮进行编码，把它从整个展开的会话流中脱离出来的话，这些话语现象将难以识别。通过运用会话分析中详尽的转录标志符，上面的三个差异才可以揭示出来。这就显示了会话分析方法对于教育协作研究的潜在价值。然而，截至目前，这些差异对个体和小组的学习产生影响的方式还是不太明晰。

在大学生研究小组会话事例中，说话者偶尔会在一个话轮中发生眼睛注视转移；从抬头看到低头看的眼睛注视转移的例子有 8 个，从低头看到抬头看的眼睛注视转移的例子有 15 个。这些眼睛注视转移有好几种不同的教育功能。或许最令人感兴趣的是，从低头到抬头的眼睛注视转移能让说话者用自己的语言复述讲课材料。当学生照着听课笔记读的时候，他们一般都用一种科学的话语方式说话，令人想起上课时教授的那种具有权威性的声音。眼睛注视的变化与声音的变化一致——如同从教师编入教学材料的话语，到学生对这些材料进行评论的话语。话轮（11）显示了这种复述模式。贝丝概述了拉伯奇和塞缪尔斯模式，在她抬头看的时候，她开始用自己的话复述已经说过的内容。最初她用的是专业术语“识别”(recognize)，但是在她抬头看以后，她改用了更加口语化的措词“更加注意”(pay

① 此处“[(4)]”表示 4 秒难以听懂的话——译者注。

② 此处“(2)”表示 2 秒的一次停顿，“[(4)]”表示 4 秒难以听懂的话——译者注。

③ 此处（3）表示 3 秒的一次停顿——译者注。

more attention)。贝丝用自己的语言复述听课笔记的同时发生了眼睛注视转移。

(11) 贝丝：就像你越是年轻，你就会“识别”越多（1），你就会更加注意每一步。

这些眼睛注视转移有一种重要的教育功能：它们给学生提供了一个技术，帮助学生建构他们自己的理解。从社会文化观的角度看，学习就是对材料的创造性的占有（Rogoff，1998）。许多研究者都关注权威性的科学会话与日常会话之间的差异，探究教师如何帮助学生“占有”科学用语或者精确的用语方式（Forman，1992，1996；O'Connor & Michaels，1993）。课堂笔记本作为中介制品为学生运用两种会话形式提供了脚手架——一种是科学会话形式，另一种是日常会话形式，而且，这些都被学生当作共有的工具（collective tools），帮助他们占有材料。通过用自己的语言复述上课材料，学生们占有了材料，并因此增进了自己对材料的理解。对学生眼睛注视转移的分析显示了借助外部表征的协作会话如何帮助参与者把单纯的记忆材料转化为自己的材料。

通过协作会话进行小组学习

对会话的关注使研究者能够仔细研究说话者连续行为中浮现的小组活动模式。索耶和伯森（Sawyer & Berson，2004）发现：对一个主题的讨论，基本上是以学生们检查自己的笔记本开始；整个小组都是照着笔记本读的方式开始对每个主题的讨论。整个讨论过程中，小组成员抬头看着彼此，交谈某一主题，用自己的语言复述材料，并在材料内容与个人经历或者其他材料之间建立起联系，谈话开始逐渐加入了越来越多面对面的会话。最后，一个主题单元以所有学生都抬头看而结束，之后再进入下一个主题。这种从头至尾的整体模式就是一种小组协作学习过程的例证。这种模式不是提前计划好的，而是在小组协作的即兴会话中浮现出来的（参见 Cobb，2002）。这种小组集体转到一种会话的方式支持以下学习过程：小组成员逐渐吸收材料，然后越来越少地依赖笔记。外部表征为共同占有材料提供了脚手架。随着小组讨论的展开，对脚手架的需求越来越少——这就是学习科学家所强调的引导性参与（guided participation）的典型模式。

199

要注意的是，这种浮现的小组模式与前面界定的话轮内模式（the within-turn pattern）是并行的：说话者从低头转为抬头来复述自己的笔记。这种眼睛注视转移在个体层面和小组层面上都起着类似的作用；笔记本的这些外部表征既是个体学习的脚手架，也是集体学习的脚手架。在计算机支持的协作学习（CSCL）研究（Stahl et al.，本书；Scardamalia & Bereiter，本书）中，人们已经证明了这种外部表征的一个优势。会话分析的这些详尽转录方法使引导性参与模式中浮现的小组层面过程得以确认。在这一过程中，随着学生越来越多地用自己的语言复述

和占有信息，外部表征用得越来越少。

方法论问题

交互分析可以用来研究课堂交互作用的几个方面。这几个方面对这本书中许多章节极为重要，诸如争论、交流和批判、外化和表述知识、小组模式和学习者共同体如何为个体在真实的实践中提供脚手架等。我所列举的例子都关注交互而不是认知内容。学习科学家通常对两者都感兴趣（Greeno，本书）。要确认个体知识如何从协作会话中浮现，就需要综合使用多种研究方法。运用交互分析方法来研究话语模式，运用实验研究方法和认知研究方法来研究个体学习。这种研究需要很长的一段时间作一次扩展分析，而且会产生大量数据。例如，曾有一个综合运用了交互分析和认知内容的典型事例，在其发表出来时，用了 80 张打印纸（Cobb et al.，1997），而这个长度是很常见的。

索耶和伯森研究（Sawyer & Berson，2004）中的那些转录包含了大量详尽的微秒转录标志法（microsecond notation）。这种转录耗时之长令人难以置信。如果研究进入这个细节层面，就只能用于研究数量较小的会话片段了。研究者运用这种会话分析者开发出来的微妙转录标志法，通常一次仅关注几个案例（参见表 12.1）。这种方法的优点是能够揭示出其他方法不能发现的内隐理解和认知能力。转录包括重叠性话语、中断和反馈通路在内的大量细节，这些细节给人们提供了多种分析小组活动的分布与协作属性的见解，而其他情况下，研究者会错失这些见解。例如，转录眼睛注视能够揭示出关于联合焦点（joint focus）和主体间性（intersubjectivity）在小组中如何被建立并得以保持的许多信息。当两位或三位学生一起在计算机前面（或者一般来说，面对共同的外部表征）学习时，这一点尤其重要。如果没有详尽地转录眼睛注视落在何处，就很难充分地解释外部表征在协作学习中的中介作用。

表 12.1　交互分析整套方法的两极

	细致性的	概括性的
转录细节分析方法	会话分析	剧本风格（只有语句）
分析方法	定性分析	经常综合使用定性分析和定量分析
理论作用	不应用编码；期待意义从数据资料中自然浮现［扎根理论（grounded theory）］	应用编码图式；以研究者的理论框架为基础
概括性	低：不能推断现象的普遍性	高：通过分析大量的资料数据可以确定模式的普遍性
优点	能够纪实性地描述学习得以发生的机制	能够概括较为概括的模式，也能够跨越情境进行对比

这种研究方法的缺点是只能关注课堂谈话的复杂流向（complex flow）中的
200 一小部分。转录一段30秒的谈话很可能要花费10个小时。因此，施华德和基兰所作的研究以及凯莉和克劳福德所作的研究都没有运用这一层面的细节。他们的转录更多采用剧本的风格，仅仅写出所说的话，而忽略了表示音量大小和音调高低的记号、被拉长的元音以及重叠性话语。这种转录丢失了大量信息，并且那些详尽信息的重要性和相关性往往直到转录分析阶段才显现出来。但是其优点是在研究数量相当庞大的话语时是可行的。一节完整的1小时的课10个小时内就能完整地转录完毕。

采用更为细致的方法，研究者通常要运用会话分析中定性的方法。运用这些方法，研究者可以采用一种完整的日志式文章文体，就能准确地识别出在一个时长30秒的话语片段中到底发生了什么。这种方法的优点是：这一层面的细节常常可以为研究者提供深入的理解，使其对每个谈话参与者在每一瞬间肯定知道的那些事情了如指掌，并且能够确定一组学习者正在建构新的理解的准确时间。其他方法则难以分析真实情境中浮现的理解。例如，停止交互来测试每个学生，就会破坏这一活动的情境性。

如果要采用一种更为概括性的方法，研究者一般会运用一本**编码手册**，这本手册详细制订了每种类型的会话话轮具体可以归为哪种类型的事例，从而归类说明会话的每一个话轮。因为同时可以研究数小时的谈话转录，可以运用定量的方法和统计学的方法对话轮编码的数据进行分析。例如，可以对两所不同学校的课堂作研究，并从统计学的角度比较其一般会话模式。就像1966年对课堂会话所作的第一次分析那样，描述性统计学能标示出一个特定的话轮序列多久发生一次，以及什么样的情境下更有可能产生一个特定的序列。这种概括性方法的另一个优点是，研究者可以像凯莉和克劳福德那样把话轮进一步分成多个高水平的组织单元。

结论

许多学习科学研究者通过分析协作会话来研究协作在学习中所起的作用。这种经验法取得的研究成果能够从以下几个方面拓展我们对学习的理解。

第一，交互分析给研究者提供了一种方法，研究教师不在场时同伴群体是怎
201 样学习的。对协作小组的几十项研究都已经证明同伴群体有助于学习。然而，这种流派还未曾仔细探究过同伴群体的这种会话动态。对协作学习的研究基本上都关注个体成就、任务结构（task structures）和激励结构（incentive structures）（如Slavin，1990）。相对而言，课堂会话的交互研究则一直倾向于关注师生会话。因此，很少有研究把协作的同伴群体会话过程（discourse processes）作为研究中心，也很少有研究试图去辨别会话的哪些特征与最为有效的协作相关联。这

里我的研究都说明了交互分析怎样才能让我们看到协作这个“黑箱”（Bossert，1988－1989）的内部，以便能够辨别出使协作成为一种极其有效的学习环境的具体会话过程。

第二，交互分析能够揭示出外部表征为何能影响会话过程和学习的交互机制。学习科学家们已经探究了表述和外化所起的重要教育作用。交互分析能通过细察外部表征如何对小组的会话过程起中介作用，从而拓展这项工作。就像这里给出的三个例子一样，外部表征作为脚手架引导着小组的活动。而这种引导性参与似乎能让小组达到一种更高层次的共享焦点（shared focus）和主体间性。

学习科学已经越来越多地研究教育中课堂会话的动态。许多这方面的研究都关注短暂的、孤立的会话片段。交互分析也能用于研究教育中浮现的长的会话模式（Cobb & McClain，本书；Cobb et al.，1997）。例如，索耶和伯森（Sawyer & Berson，2004）发现，开始时学生总是通过低头看笔记本来进行关于某一主题的谈话。只是在后来才逐渐对同一主题开始面对面的交谈。这种协作模式在小组谈话中浮现，并且逐渐成为一种重要的元素，对协作的教育价值作出贡献。

交互分析有潜力揭示出这些浮现模式是如何有助于个体学习的。几乎没有研究曾探究过集群现象（collective group phenomena）怎样从拓展的话语序列中自然浮现出来，以及这些无意识的浮现效应（unintended emergent effects）如何促进学习。相反，绝大多数课堂会话研究已经通过关注课堂中的个体学生来探究指定给学生学习的知识。例如，索耶和伯森（Sawyer & Berson，2004）发现，开始会话时说话者有时照着笔记本读，援引的是教师上课时的用语，然后才抬起头用自己的语言复述材料。这种转移在学生占有材料的过程中起着脚手架的作用，是一种交互技术。在个体层面和小组层面同时出现这种序列模式的事实表明，外部表征不仅引导个体学习，而且也引导小组学习。这些分析表明，学习既是一个个体过程，也是一个群体过程；同时也表明，对学习充分的解释需要同时细察个体过程和群体过程。

参考文献

Antil，L. R.，Jenkins，J. R.，Wayne，S. K.，& Vadasy，P. F.（1998）. Cooperative learning: Prevalence，conceptualizations，and the relation between research and practice. *American Educational Research Journal*，35（3），419－454.

202

Atkinson，J. M.，& Heritage，J.（1999）. Jefferson's transcript notation. In A. Jaworkski & N. Coupland（Eds.），*The discourse reader*（pp. 158－166）. New York: Routledge.

Azmitia，M.（1996）. Peer interactive minds: Developmental，theoretical，and methodological issues. In P. B. Baltes & U. M. Staudinger（Eds.），*Interactive minds: Life-span perspectives on the social foundation of cognition*（pp. 133－162）. New York: Cambridge.

Bargh，J. A.，& Schul，Y.（1980）. On the cognitive benefits of teaching. *Journal of Educational*

Psychology, 72 (5), 593 - 604.

Bearison, D. J., Magzamen, S., & Filardo, E. K. (1986). Socio-cognitive conflict and cognitive growth in young children. *Merrill-Palmer Quarterly*, 32 (1), 51 - 72.

Bellack, A. A., Kliebard, H. M., Hyman, R. T., & Frank L. Smith, J. (1966). *The language of the classroom*. New York: Teacher's College Press.

Bossert, S. T. (1988 - 1989). Cooperative activities in the classroom. *Review of Research in Education*, 15, 225 - 252.

Chi, M. T. H. (1997). Quantifying qualitative analyses of verbal data: A practical guide. *Journal of the Learning Sciences*, 6 (3), 271 - 315.

Cobb, P. (1995). Mathematical learning and small-group interaction: Four case studies. In P. Cobb & H. Bauersfeld (Eds.), *The emergence of mathematical meaning: Interaction in classroom cultures* (pp. 25 - 129). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Cobb, P. (2002). Reasoning with tools and inscriptions. *Journal of the Learning Sciences*, 11 (2 - 3), 187 - 215.

Cobb, P., Gravemeijer, K., Yackel, E., McClain, K., & Whitenack, J. (1997). Mathematizing and symbolizing: The emergence of chains of signification in one first-grade classroom. In D. Kirshner & J. A. Whitson (Eds.), *Situated cognition: Social, semiotic, and psychological perspectives* (pp. 151 - 233). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Daiute, C., & Dalton, B. (1993). Collaboration between children learning to write: Can novices be masters? *Cognitive and Instruction*, 10, 281 - 333.

Doise, W., & Mugny, G. (1984). *The social development of the intellect*. New York: Pergamon Press.

Durán, R. P., & Szymanski, M. H. (1995). Cooperative learning interaction and construction of activity. *Discourse Processes*, 19, 149 - 164.

Finkel, E. A. (1996). Making sense of genetics: Students' knowledge use during problem solving in a high school genetics class. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (4), 345 - 368.

Fisher, E. (1993). Distinctive features of pupil-pupil classroom talk and their relationship to learning: How discursive exploration might be encouraged. *Language and Education*, 7 (4), 239 - 257.

Forman, E. A. (1992). Discourse, intersubjectivity, and the development of peer collaboration: A Vygotskian approach. In L. T Winegar & J. Valsiner (Eds.), *Children's development within social context, Volume 1: Metatheory and theory* (pp. 143 - 159). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Forman, E. A. (1996). Learning mathematics as participation in classroom practice: Implications of sociocultural theory for educational reform. In L. P. Steffe, P. Nesher, P. Cobb, G. A. Goldin, & B. Greer (Eds.), *Theories of mathematical learning* (pp. 115 - 130). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Forman, E. A., & Cazden, C. B. (1985). Exploring Vygotskian perspectives in education: The cognitive value of peer interaction. In J. V. Wertsch (Ed.), *Culture, communication, and cognition: Vygotskian perspectives* (pp. 323 - 347). New York: Cambridge University Press.

Fuchs, L. S., Fuchs, D., Hamlett, C. L., Phillips, N. B., Karns, K., & Dutka, S. (1997).

Enhancing students' helping behavior during peermediated instruction with conceptual mathematical explanations. *The Elementary School Journal*, 97 (3), 223 - 249.

Gee, J. P., & Green, J. L. (1998). Discourse analysis, learning, and social practice: A methodological study. *Review of Educational Research*, 23, 119 - 169.

Goodwin, C. (1981). *Conversational organization: Interaction between speakers and hearers*. New York: Academic Press.

Green, J., & Kelly, G. (Eds.). (1997). *Special issue of Journal of Classroom Interaction on "discourse in science classrooms,"* *Volume* 32, *Issue* 2. Houston, TX: University of Houston.

Hicks, D. (1995). Discourse, learning, and teaching. *Review of Research in Education*, 21, 49 - 95.

Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. Cambridge, MA: MIT Press.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1974). Instructional goal structure: Cooperative, competitive, or individualistic. *Review of Educational Research*, 44 (2), 213 - 240.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1979). Conflict in the classroom: Controversy and learning. *Review of Educational Research*, 49 (1), 51 - 70.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1989). *Cooperation and competition: Theory and research*. Edina, MN: Interaction Book Company.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1992). Positive interdependence: Key to effective cooperation. In R. Hertz-Lazarowitz & N. Miller (Eds.), *Interaction in cooperative groups: The theoretical anatomy of group learning* (pp. 174 - 199). New York: Cambridge University Press.

Jordan, B., & Henderson, A. (1995). Interaction analysis: Foundations and practice. *Journal of the Learning Sciences*, 4 (1), 39 - 103.

Kelly, G. J., & Crawford, T. (1996). Students' interaction with computer representations: Analysis of discourse in laboratory groups. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (7), 693 - 707.

Kelly, G. J., & Crawford, T. (1997). An ethnographic investigation of the discourse processes of school science. *Science Education*, 81, 533 - 559.

Kelly, G., Crawford, T., & Green, J. (2001). Common task and uncommon knowledge: Dissenting voices in the discursive construction of physics across small laboratory groups. *Linguistics & Education*, 12 (2), 135 - 174.

Kendon, A. (1990). *Conducting interaction: Patterns of behavior in focused encounters*. New York: Cambridge.

Klaasen, C. W. J. M., & Lijnse, P. L. (1996). Interpreting students' and teachers' discourse in science classes: An underestimated problem? *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (2), 115 - 134.

Kumpulainen, K., & Mutanen, M. (2000). Mapping the dynamics of peer group interaction: A method of analysis of socially shared learning processes. In H. Cowie & G. v. d. Aalsvoort (Eds.), *Social interaction in learning and instruction: The meaning of discourse for the construction of knowledge* (pp. 144 - 160). New York: Elsevier Science.

Lazarowitz, R., & Karsenty, G. (1990). Cooperative learning and students' academic achievement, process skills, learning environment, and self-esteem in tenth-grade biology classrooms. In S. Sharan (Ed.), *Cooperative learning: Theory and research* (pp. 123 - 149). New York: Praeger.

Lemke, J. L. (1998). Analyzing verbal data: Principles, methods, and problems. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education, Part Two* (pp. 1175 - 1189). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Mehan, H. (1979). *Learning lessons.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Mercer, N. (1996). The quality of talk in children's collaborative activity in the classroom. *Learning and Instruction*, 6, 359 - 377.

Middleton, D., & Edwards, D. (1990). Collective remembering. In D. Middleton & D. Edwards (Eds.), *Collective remembering* (pp. 23 - 45). Newbury Park, CA: Sage.

Musatti, T. (1993). Meaning between peers: The meaning of the peer. *Cognition and Instruction*, 11 (3/4), 241 - 250.

National Council of Teachers of Mathematics. (1991). *Professional standards for teaching mathematics.* Reston, VA: Author.

National Research Council. (1996). *National science education standards.* Washington, DC: National Academy Press.

Nystrand, M., Gamoran, A., Kachur, R., & Prendergast, C. (1997). *Opening dialogue: Understanding the dynamics of language and learning in the English classroom.* New York: Teacher's College Press.

O'Connor, M. C., & Michaels, S. (1993). Aligning academic task and participation status through revoicing: Analysis of a classroom discourse strategy. *Anthropology and Education Quarterly*, 24 (4), 318 - 335.

Palincsar, A. S. (1998). Social constructivist perspectives on teaching and learning. In J. T. Spence, J. M. Darley, & D. J. Foss (Eds.), *Annual Review of Psychology* (Vol. 49, pp. 345 - 375). Palo Alto, CA: Annual Reviews.

Palincsar, A. S., Brown, A. L., & Campione, J. C. (1993). First-grade dialogues for knowledge acquisition and use. In E. A. Forman, N. Minick, & C. A. Stone (Eds.), *Contexts for learning: Sociocultural dynamics in children's development* (pp. 43 - 57). New York: Oxford.

Perret-Clermont, A. N. (1980). *Social interaction and cognitive development in children.* New York: Academic Press.

204 Rogoff, B. (1998). Cognition as a collaborative process. In D. Kuhn & R. S. Siegler (Eds.), *Handbook of child psychology, 5th edition, Volume 2: Cognition, perception, and language* (pp. 679 - 744). New York: Wiley.

Sawyer, R. K. (2001). *Creating conversations: Improvisation in everyday discourse.* Cresskill, NJ: Hampton Press.

Sawyer, R. K. (2003). *Group creativity: Music, theater, collaboration.* Mahwah, NJ: Erlbaum.

Sawyer, R. K., & Berson, S. (2004). Study group discourse: How external representations affect

collaborative conversation. *Linguistics and Education*, 15, 387 –412.

Saxe, G. B., & Bermudez, T. (1996). Emergent mathematical environments in children's games. In L. P. Steffe, P. Nesher, P. Cobb, G. A. Goldin, & B. Greer (Eds.), *Theories of mathematical learning* (pp. 51 –68). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Schegloff, E. A. (1986). The routine as achievement. *Human Studies*, 9, 111 –151.

Sfard, A. (2002). The interplay of intimations and implementations: Generating new discourse with new symbolic tools. *Journal of the Learning Sciences*, 11 (2 –3), 319 –357.

Sfard, A., & Kieran, C. (2001). Cognition as communication: Rethinking learning-by-talking through multi-faceted analysis of students' mathematical interactions. *Mind, Culture, and Activity*, 8 (1), 42 –76.

Sfard, A., & McClain, K. (Eds.). (2002). *Analyzing tools: Perspectives on the role of designed artifacts in mathematics learning (Special issue of The Journal of the Learning Sciences, Volume* 11, *Numbers* 2 *and* 3). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Sinclair, J. M., & Coulthard, R. M. (1975). *Towards an analysis of discourse: The English used by teachers and pupils.* London: Oxford University Press.

Slavin, R. E. (1990). *Cooperative learning: Theory, research, and practice.* Boston: Allyn & Bacon.

Slavin, R. E. (1992). When and why does cooperative learning increase achievement? Theoretical and empirical perspectives. In R. Hertz- Lazarowitz & N. Miller (Eds.), *Interaction in cooperative groups: The theoretical anatomy of group learning* (pp. 145 – 173). New York: Cambridge University Press.

Swing, S. R., & Peterson, P. L. (1982). The relationship of student ability and small-group interaction to student achievement. *American Educational Research Journal*, 19 (2), 259 – 274.

Tudge, J., & Rogoff, B. (1989). Peer influences on cognitive development: Piagetian and Vygotskian perspectives. In M. Bornstein & J. Bruner (Eds.), *Interaction in cognitive development* (pp. 17 –40). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

van Boxtel, C., van der Linden, J., & Kanselaar, G. (2000). Deep processing in a collaborative learning environment. In H. Cowie & G. van der Aalsvoort (Eds.), *Social interaction in learning and instruction: The meaning of discourse for the construction of knowledge* (pp. 161 – 178). New York: Elsevier Science.

Vedder, P. (1985). *Cooperative learning: A study on processes and effects of cooperation between primary school children.* Groningen, Netherlands: Rijksuniversiteit Groningen.

Verba, M. (1994). The beginnings of collaboration in peer interaction. *Human Development*, 37, 125 – 139.

Viechnicki, G. B. (1997). An empirical analysis of participant intentions: Discourse in a graduate seminar. *Language & Communication*, 17 (2), 103 –131.

Webb, N. M. (1984). Stability of small group interaction and achievement over time. *Journal of Educational Psychology*, 76 (2), 211 –224.

Webb, N. M. (1991). Task-related verbal interaction and mathematics learning in small groups.

Journal for Research in Mathematics Education, 22 (5), 366 - 389.

Webb, N. M. (1992). Testing a theoretical model of student interaction and learning in small groups. In R. Hertz-Lazarowitz & N. Miller (Eds.), *Interaction in cooperative groups: The theoretical anatomy of group learning* (pp. 102 - 119). New York: Cambridge University Press.

Webb, N. M. (1995). Group collaboration in assessment: Multiple objectives, processes, and outcomes. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 17 (2), 239 - 261.

Webb, N. M., Ender, P., & Lewis, S. (1986). Problem-solving strategies and group processes in small groups learning computer programming. *American Educational Research Journal*, 23 (2), 243 - 261.

Webb, N. M., Nemer, K. M., Chizhik, A. W., & Sugrue, B. (1998). Equity issues in collaborative group assessment: Group composition and performance. *American Educational Research Journal*, 35 (4), 607 - 651.

Webb, N. M., & Palincsar, A. S. (1996). Group processes in the classroom. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 841 - 873). New York: Simon & Schuster Macmillan.

Wells, G., & Chang-Wells, G. L. (1992). *Constructing knowledge together: Classrooms as centers of inquiry and literacy.* Portsmouth, NH: Heinemann.

第13章

评估深层理解

205

沙伦·M. 卡弗

想象一下，在本章末尾我写下了一些精心制订的理解性问题，这些问题与本章的关键内容相关，并且高度地激发你，让你以最佳的能力状态去回答。你的回答会为你对本章主题的理解提供一种良好的评价吗？在对你的回答进行评论的基础上，我会对你阅读本章后学习到哪些知识了解多少呢？你和我可能漏掉了什么呢？

对这些问题的回答部分取决于我对你的学习以及我对你的进步所作评估而设定的那些目标。如果我为你的学习设定的目标仅仅是在阅读本章以后重述我的主要观点，而假定你也理解这些问题并且有系统阐述答案的交流技能，那么这个评估可能是恰当的。对比之下，如果我为你设定的目标能够运用本章中这些评估原则来加强你自己的研究设计，并对你正在研究的学习获得更深层的理解，那么你对这些理解问题的回答很可能与你应用这些评估原则的能力无关（虽然理解或许是一个先决条件）。

这种反思开始使学习科学中面临的评估难题凸显出来。在学习科学中，为学生设定的目标是达到深度理解（deep understanding），并获得专家用来完成有意义的任务时所用的那种知识。这种理解远远超出了对事实和程序的简单回忆，而包括了把概念和策略组织到一个层级框架（a hierarchical framework）中，用于决定以怎样的方式在何时把知识应用于理解新材料并解决相关问题。传统的课堂测试和基于标准的评估几乎只关注对肤浅的课程内容的辨认和回忆，因此，并不适合于评估深层理解所支持的思维和问题解决（Means，本书）。

幸运的是，学习科学研究人员已经获得重要的认知科学策略来开发特定领域中清晰易懂的深层理解模式，开发出适用于教学和评估深层理解的多种不同的方法，以及一种用于研究教学/学习过程的层级研究法（tiered research approach）。关键是要明确地把重点放在评估学生学习中的那些与具体的深层理解直接相关的方面，同时也重点评估教学/学习过程的关键特点，以便在时间和资源都有限的情况下把评估作用最大化（Barab & Squire，2004；Fishman et al.，2004）。

206

在本章中，我的目标是帮助学习科学研究者把有效的评估纳入他们的研究

中。该目标是根据我的三个主要建议组织的。

1. 通过清晰地界定深层理解，并详细说明教学方法和旨在促进并真实描述此类学习的评估，从而为研究奠定认知基础。

2. 把评估设计决策集中在假设的教学/学习过程的核心上，策略性地遵循适合于情境的有效实验研究指导方针。

3. 运用层级研究法反复地完善深层理解的定义、教学和评估方法以及研究设计，以便逐步地提出对有效教学/学习过程的更深层次的解释。

表 13.1 以问题的形式展示了我的主要原则。通过考虑与特定学习科学调查相关的每个问题，研究人员可以加强他们的评估设计，并由此更深入地理解学生的学习。

表 13.1　学习科学中评估的关键因素

认知基础
深层理解的模式 学习目标清晰吗？ 明确规定熟练的关键特征了吗？ 包括知识、技能、元认知、态度和动机吗？ 学习过程清晰吗？ 概述从新手到专家的发展路径了吗？ 特定教学干预的基本原理清楚明确吗？
调整教学和评估以便与深层理解的目标相一致 学习目标以及过程的每个方面都包括在干预中了吗？ 如何记录实际的实施过程？ 提议的评估系列覆盖了全部的学习目标系列吗？ 有充分的三角检测法以清楚地解释评估吗？
评估设计决策
一般标准 可以采取什么措施来增强内在效度、外在效度和经验效度？ 如何设计才能对不同的学习者特征都有效？ 如何加强一致性和信度？ **任务和记录技术** 结合什么范围内的任务来准确地评估学习？ 哪些记录的技术与目标和限制条件最适合？ 学习目标的一致性经过仔细检查了吗？ **实验设计** 核心操作可以用分班设计或者即时—延时设计（now-and-later designs）来测试吗？ 可以应用分层随机指定任务吗？ 评估与评估相互之间平衡吗？ 设计间接信度测试（inter-rater reliability tests）了吗？

续表

层级研究法
目前的评估中哪些是一级的、二级的、三级的？ 哪些分析是一级的、二级的、三级的？ 哪些研究问题是为更为狭小的后续研究而设计的？

在复杂情境中评估的认知基础

学习科学研究人员研究真实世界中的情境，即学习者共同体积极参与到建构深层理解的动态过程中。这一事实突出了把研究重点明确置于对学习目标的详细说明上，并准确地调整教学和评估以便与学习目标相匹配的重要性。如果目标是为深层理解而教，那么学习目标将是教育专家们希望学生内化以熟练掌握的认知结构。清晰明确的学习目标必须作为具有高度原则性的教学设计的基础，重视干预监控，以及覆盖全部目标知识和技能范围的深入评估。

认知目标模式

认知任务分析方法和专门知识的研究可以结合在一起，为某一特定的学习科学研究形成一个详尽且深层理解的定义，或者一种认知模式。任务分析是“对问题的仔细检查，旨在识别解决问题所需的过程”（Siegler，1998，p. 249）。对新手和专家解决这些问题时的表现所进行的研究，揭示出了在某一学科上不同经验水平个体特有的解决方法。通过把这些理想方法和实际使用的方法结合在一起，学习科学研究人员可以开发一个详尽的认知模式。运用这个认知模式，学生在所研究的学习情境中能够以所期望的水平熟练地操作。

为了保证完整全面，这种认知模式应该对知识表征和组织（从单个事实到概念网络）、过程技能（绩效的程序和策略）以及任何研究人员想要研究的学习发展性轨迹都作详细具体的说明（NRC，2001）。为了强调深层理解，这个详细具体的说明必须包括从知识和理解到应用、分析、综合和评价的全部能力（Bloom，1956）。除了学习所必需的态度和动机以外，研究人员还应该考虑把元认知知识以及计划、监测和控制学习的技能也包括进来。对这种模式设计过程的详细说明在很多资源中都可以找到（Anderson，1987；Anderson，2000；Simon，1979）。我自己的研究中关于小学生学习排除困难的技能以及初中生的研究和沟通技能的拓展实例都是可用的（Carver，1988；Carver，1995；Carver et al.，1992；Klahr & Carver，1988）。

207

理论和实践中的教学设计

当计划任何类型的教学干预时，学习科学研究人员都必须：（1）根据公认的认知原则，通过设计的教学，明确地把深层理解的每一方面预定为要达到的目标；（2）按计划把实际的干预详细如实地记录下来。确保把教学调整到与目标一致的一个实际可行的策略是：创建一个表格，在其中罗列与深层理解有关的每个学习目标、实现每个学习目标的具体课程重点、每个活动的理论依据，以及记录设计实施的详细计划。

认知模型来自于任务分析和关于专家—新手不同的研究，它们使得知识、策略和交流实践可视化，因此教师和学生可以有目的地重视它们（NRC，2001）。认知科学理论对于考虑的一般性原理也是有帮助的，这些原理可以应用到任何教学方法中。例如，卡弗（Carver，2001）讨论过最重要的五个“元原则”。这五个“元原则”曾用于卡内基·梅隆儿童学校中设计适合年幼儿童、教师、家长和大学生的实验室学校计划。它们包括：构建先前知识；使思维清晰明确；强调关联；提供实践机会以及期待个体差异。

208

然而，学习科学研究人员也很清楚，理论常常与实践完全不同（Collins，Joseph，& Bielaczyc，2004）。基于设计的研究方法（Barab，本书）的一个优点就是关注设计在真实情境中实际是如何起作用的。基于设计的研究团队（The Design-Based Research Collective，2003）提供了三个干预案例研究［贾斯帕系列、生物导向的探究性学习环境（BGuILE）和激情学校（the Passion School）］，来说明把教学/学习过程与他们的成果联系起来的方法，以便识别出对于干预至关重要的情境因素和学习机制。形成学习科学中的教学认知基础的关键是在计划干预和监测干预实施的时候都运用原则性的设计（principled design），因为这些评估结果只有在理解了实际发生的教学/学习过程（即与理想化的设计截然不同）的情况下才能被解读阐释。

三角评估法

国家研究委员会出版的《了解学生所知》（*Knowing What Student Know*，2001）一书阐明了评估的困境、认知理论和教育研究方法论在发展中的重要性。因为深层理解的认知模型最强调熟练的关键特征，所以评估任务和反馈都能够明确地聚焦于此（Fishman et al.，2004）。这样研究人员也可以系统地试验干预的各个方面，“以便在自然的情境中检验和生成理论”（Barab & Squire，2004，p.3）。分化性结果的评估（assessment of differential outcomes）设计了一个从证据中推理的过程，要求仔细调整研究人员的**认知模式、观察技术以及从绩效中推断结论的解读**

方法（NRC，2001，Box 8.1）。这个“三角评估法”（The Assessment Triangle）要求：（1）有一个关于深层理解及获取深层理解过程的清晰模式；（2）精心设计的用于评估目标知识的任务和基于原始模式的可信计分法；（3）用于从绩效中推断结论的有效过程，而这一般都需要有横跨不同任务的三角检测法。

认知科学可以强化三角评估法中三个因素的每个方面。用详尽的认知模式作为计划学习观察和从绩效中推论的基础，可以提高清晰度和透明度。其目标有两个：一是鼓励教师直接根据深层理解的理论而教，直接为支持评估的学习而教（Frederiksen & Collins，1989）；另一个是鼓励学生树立同样的学习目标。这两个目标对于一种“综合、协调一致和持续不断的评估体系”而言是必要的（NRC，2001，p.2），这样的评估体系才是公平而合理的。

由于有了教学设计，认知科学能够推荐一些与深层理解的特定方面相匹配的具体课堂评估技巧，以及适于需要分析行为序列、问题解决、参与等诸如此类的丰富的任务环境中收集数据资料的方法和技术（NRC，2001）。因为康弗里（Confrey，本书）和昆塔纳（Quintana，本书）等人致力于设计实验和以学习者为中心的设计，我本人致力于把那些理论上重要而实际上也可行的实验法融合于学习科学研究的方法中。由于其他不少章节也描述了具体的评估类型，所以，我只提供学习科学研究者在计划评估的过程中应该考虑的一般原则，以及能在复杂研究中缩小评估焦点的策略，以便在研究情境的实际局限中，收集的数据资料能够最大程度地解决所研究的问题。虽然我的例子代表的是课堂评估，但这些原则对于大规模的评估也是同样可行的。 209

策略性的评估设计

通过清晰地界定深层理解以便为评估奠定基础，设计教学以便讲授其每个组成部分，以及计划用来证明干预的实际过程，在此之后，学习科学研究人员必须设计一套通过提供数据资料来解决所研究的问题的评估。关于学习科学中基于设计的方法的评论强调了评估的无原则的属性。例如，戴德（Dede，2004）曾说：“所收集的数据资料中只有 5% 左右是归纳出研究结果时所需要的”（p.107）。考虑到在复杂的教育情境中时间和资源很有限，学习科学研究者需要通过客观地决定在什么情况下收集及不收集哪些数据资料，从而系统地聚焦评估设计（diSessa & Cobb，2004；Kelly，2004）。

在这一部分，我根据深层理解的具体说明提出一些聚焦评估设计决策的方法。此外，我也赞成对实验研究多加考虑，以便与情境相适应。为此，我首先概述评估的标准和类型，然后简要地描述几个最近的项目。这些项目都突出了设计特定类型评估的关键原则。描述时我会把重点放在概括那些可能加强学习科学中评估的实验方法上。

有效评估的标准

为了有效评估，每次评估都必须是**合理的**、**敏感的**、**系统的**(McAfee，Leong & Bodrova，2004)。为了设计出**合理的**评估，研究人员必须考虑效度问题。从传统的角度来看，经验主义者都重视内部效度、只有这样才可能得出清楚的具有因果关系性质的结论、结构的区别（discrimination of constructs）以及关于未来成绩的预测。与之相反，学习科学研究者经常强调的是外部效度的一个方面：生态效度（即评估要与学习的现实情境相一致)。最近，发展科学家赫什－帕塞克、科克诺夫、纽科姆和德维利尔斯（Hirsh-Pasek，Kochanoff，Newcombe & deVilliers，2005）介绍了经验效度这个概念，以强调评估应该基于扎实的研究基础。

学习科学研究人员面临的挑战是有创造性地平衡内部效度、外部效度和经验效度，以提高评估的精确性。认知科学提供了增强经验效度的原则，尤其是界定深层理解和与预期成绩相关的学习过程的原则。早先所提的那些调整评估以便与学习目标相适应的建议则能增强建构效度，当然还可以通过对多种来源和类型的数据资料作三角测量来加强建构效度（DBRC，2003，p.7)。最后，通过让多个合作者参与也能提高学习科学研究的效度，这些合作者强调了效度的多个方面，这将会影响后续的设计，“最终会导致不断地调整理论、设计、实践以及测量”（DBRC，2003，p.7)。

敏感的评估适合于学习者的发展性特点。例如，为儿童设计的评估必须通过调整评估和学习情境以便对这些儿童的情境依赖性具有敏感性；设计具有邀请和参与项的任务，以便评估对他们有限的兴趣具有敏感性；这些兴趣项正在接受评估中，通过仔细的文字说明以及提供视觉提示，以使评估对其有限的语言技能具有敏感性；通过提供横跨时间和任务的多个机会来展现能力，而对其不均衡发展具有敏感性（McAfee et al.，2004)。此外，对包括文化、性别影响在内的个体差异的敏感性也能增强评估的内在效度及概括性。

210

系统的评估是根据一种明确的协议进行一致的管理，这样从每个个体那里收集的数据资料才是统一的，并且这些一致的评分可以进行清楚地解释。评估没有必要标准化。换句话说，每个被试者以取决于特殊反应的不同方式通过该协议可能取得进步。在这样一个动态的评估中，可以以规定的方式给予被试者以帮助，但是帮助的量和层次被一致地记录并计入在分析中。这样，可以在不牺牲研究者对多种学习过程重视的情况下达到评估的信度。柯林斯等人（Collins et al.，2004）也曾强调运用多个评定者来保证客观评分的重要性，以便增强每次测量的可靠性。

目标指向深层理解的评估类型

有许多类型的评估可用于纪实性描述深层理解。这些评估从各方面看都符合

上述所说的有效评估的标准，而且在学习科学研究中也是合理可行的。麦卡菲等人（McAfee et al.，2004）建议考虑评估的五种基本方法，包括：系统的观察，研究学习者的学习产品，引出学习者的反应（不管是精心选择的反应还是建构的反应），注意学生在教学期间对帮助是如何反应的（动态评估、脚手架分析），以及运用问卷或访谈。其他可能的评估方法包括：课堂对话的认知和社会过程的测量、身体姿势和手势、任务和活动结构、参与的模式和社会交互、策略和条件、错误和对反馈的反应、记录和注释以及对评估的反应。

"基于设计的研究把归纳的定性法与定量法和准实验研究法结合在一起，用多样化的方法来适应研究的问题"（Fishman et al.，2004，p. 47）。柯林斯等人（Collins et al.，2004）曾对学习科学研究中要考虑的变量、使用的方法以及报告研究结果的方式作了完整的概述。他们鼓励把重点明确放在关键的设计元素上，建议考虑诸如情境、学习者、技术和经济支持、专业发展、实施路径等自变量，以及这些自变量对诸如学习氛围、学习和系统因素等因变量产生的影响。麦卡菲等人（McAfee et al.，2004）提议的基本的量和质的记录技术，包括描述（叙事、备忘录、照片、概念图以及音频和视频记录）、记分或计数（一览表、参与图表、频率计数）、等级或评定（量表、评量表）以及与学习者和教师评论相关的工作成果。认知科学家又拓展了这个基本列表，把出声思维的原始记录、课堂会话、人机互动日志等诸如此类丰富多样的观察都包括了进来。而且，研究人员还在继续开发数据收集和分析工具，以便帮助处理用这些方法收集的数量庞大的数据资料（Cobb et al.，2003）。当然，面临的又一个挑战就是调整评估的选择使其适于目标的深层理解，从而使认知模式中的每个特定组成部分都能在分析中清楚地显示区别，与此同时，还要克服评估中资源的局限性。

科布等人（Cobb et al.，2003）建议，评估应该既重视检验有关学生推理方面重大迁移的假设，也要重视检验那些有助于学生推理方面发生重大迁移的特定方法的假设。例如，齐、赛勒和曾（Chi，Siler，& Jeong，2004）开展了关于大学生辅导员监测八年级学生对人类循环系统理解的准确度的研究。该研究表明了记录干预过程和学生的理解以及教师对学生理解的重要性。研究人员对辅导协议的编码被合理简化，以关注对特定概念结构的评估和诊断，并且通过对受辅导者进行概念、问题和图表方面的前后测试，以及为受辅导者和辅导者进行周期性图表的前后测试，以便对研究人员的这些编码进行补充。这些分析把导师判断学生的解释是否与正确概念的标准模式相一致方面的优势与导师诊断学生关于系统的另有概念（alternative conceptions）的有限能力进行了匹配。

除了这些受关注的、对深层理解和支持变化的教学过程的探索以外，在设计实验中发展的学习生态学涉及一种包括对话、学习活动、参与标准、多种工具、材料以及教学策略等的交互系统，这就"排除了对所发生的所有事的完整说明"（Cobb et al.，2003，p. 10）。由此，当开展设计实验时，有些评估资源应该用来

存档，以记录这些设计实验的历史，促进回顾性分析，并且提出另外的测量方法，这些方法可能被立即采纳或在设计的下一个循环中被采用。

实验设计选择

对于被假定为对促进深层理解至关重要的教学/学习过程而言，学习科学研究者应该考虑在设计实验或者进行合作的实验中包括具体的实验操作，以便形成清晰的具有因果关系性质的解释，作为其他设计决策的基础。许多关于基于设计的研究的评论文章都提倡采用更多的实验方法，同时使用设计和分析策略将研究者的偏见降低至最低程度（Dede，2004；Kelly，2004）。从一个研究者的立场，我发现**分班设计**（split-class design）和**即时—延时设计**（the now-and-later design）这两种实验设计很有用，并且从一个实践者的观点出发，我觉得它们是可接受的。在这一部分，我描述了总的设计、它们的优点以及客观地运用这两种设计方法的一些实用建议。

分班设计

通过对整个班级进行所有干预操作，利用随机或者分层随机的分配方式来决定哪些学生将接受处理操作（“干预+”），分班设计可以使研究者能够限制学习生态学中许多变量的影响。图 13.1 以可视化方式展现了基本设计。通过使每个班都进行分班设计，而不是指定一个班为干预班而另一个班为控制班，或者一个班为干预 A 班而另一个班为干预 B 班，研究人员就能限制不同教师、不同班级组成等诸如此类的潜在混杂问题（confounds），这样任何前测到后测过程中的变化都与该干预具有因果联系。

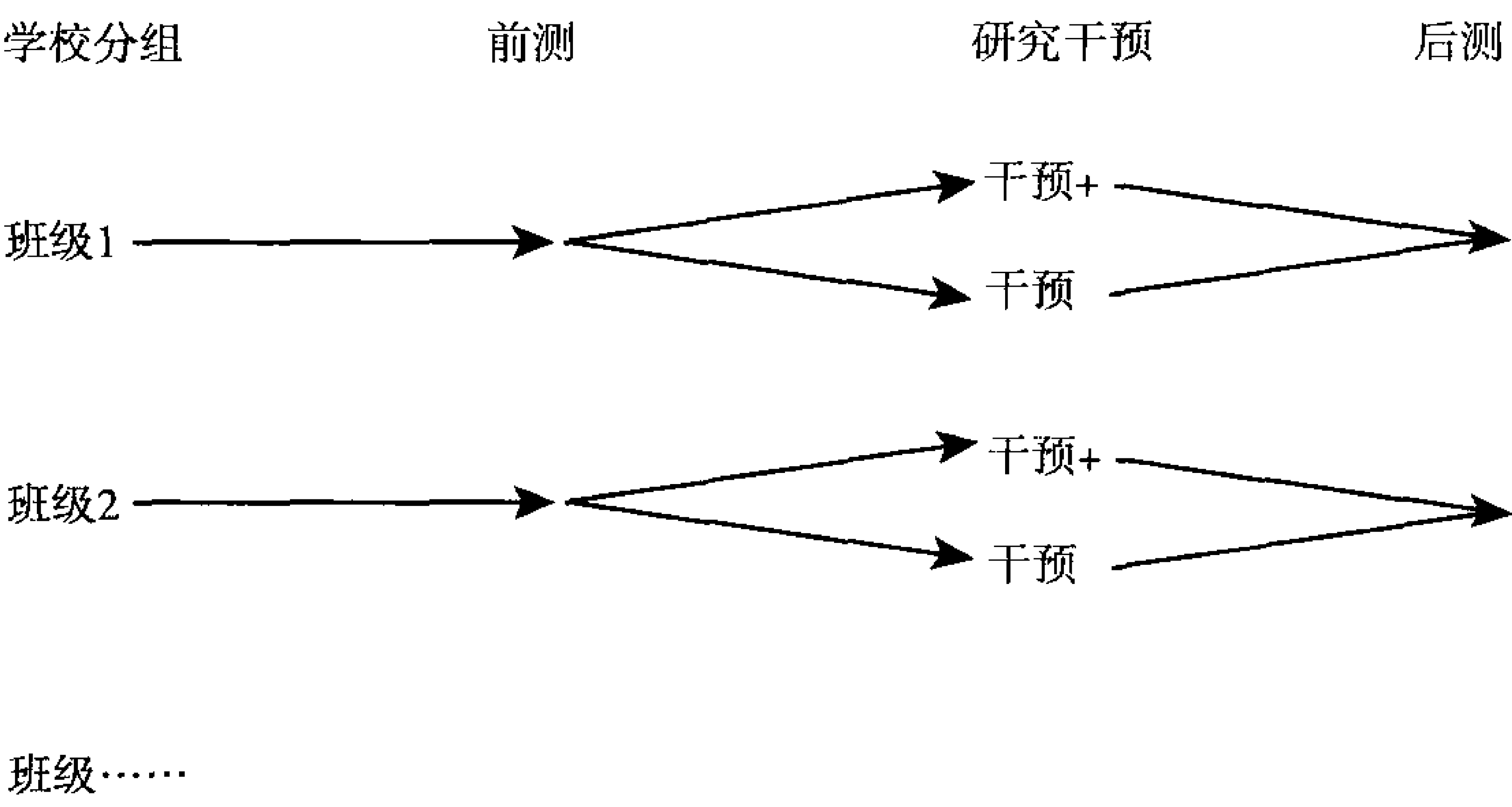


图 13.1　分班设计

从实践的观点来看，接受干预处理条件的学生可以在物理环境上与其他学生分开（例如在实验室中学习，等等）。如果多个班级参与实验，那么这些学生可以被重新组织在一起接受干预。换句话说，来自 A 班和 B 班的受干预组可以一起安排在 A 班教室，同时两个班的其他学生可以一起安排在 B 班教室。

即时—延时设计

212

当干预必须作为整体检测的时候，可以以如下方式拓展分班设计（见图 13.2）。如上所述，每个班级都被分组，然后一组参加一段时间的干预，同时另一个组作为控制组。在测试了干预组与控制组的对比效果之后，控制组也参与干预。运用这种设计，所有的学生最终都能成为干预组的一部分，因此在控制组的数量没有减少的情况下被试的数量可以达到最大化。此外，通过注意记录原始的干预组在没有接受进一步干预的情况下是否保持了原有的进展，研究人员可以监测一段时期内学习的稳定性。从实践的观点来看，教师和家长都赞同这种设计，因为所有学生都有可能从完全干预（full intervention）中受益，而且控制组实际上获得了第二次参与的好处，假定重复过程更为顺利。

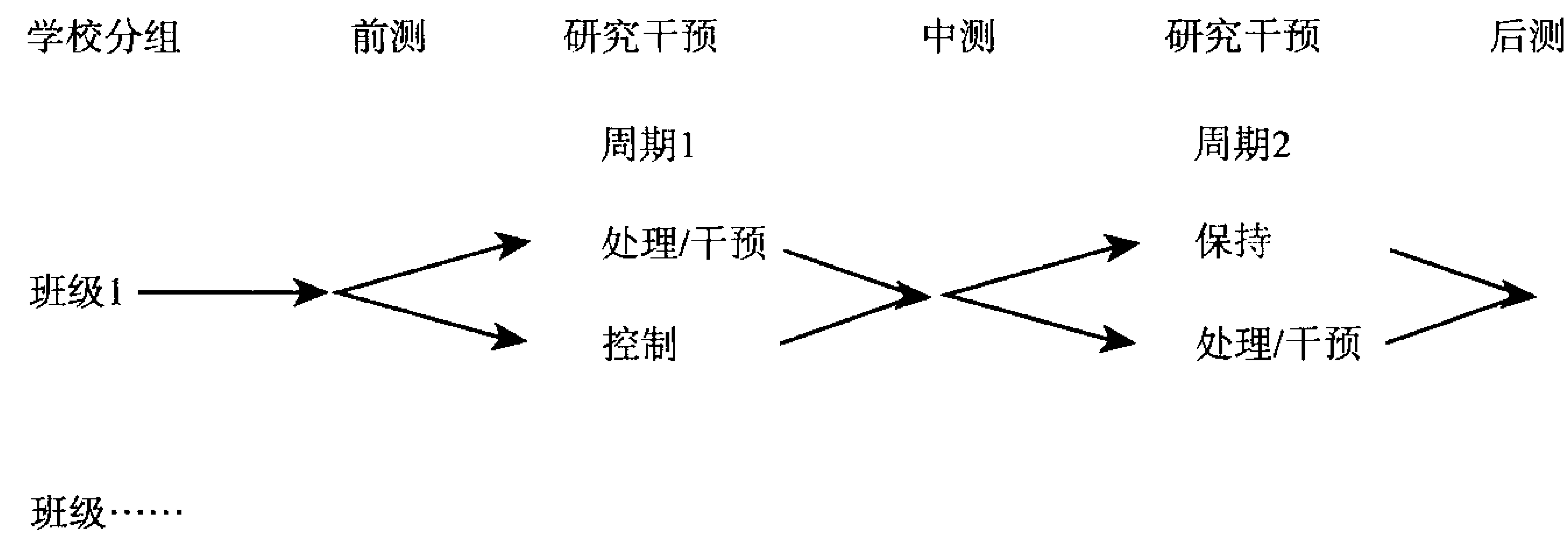


图 13.2　即时—延时设计

考夫曼和卡弗（Kaufman & Carver，2000）曾运用这种设计来监测钢琴教学对幼儿园儿童的视觉—运动整合（visual-motor integration，VMI）的效果，该设计是基于考夫曼的共享技能模型的，而该模型正是标准化的视觉—运动量表（Visual Motor Inventory，VMI）以及卡内基·梅隆音乐学校所使用的初级钢琴课程所需要的。考夫曼把 VMI 分成了三个均长的、较短的形式，以便使三次测试平衡，然后运用分层随机分配法，根据性别、先前学校经验以及音乐课程经验对学生分班。在预先安排的固定学习时间里，学生每周在大学生的琴房接受两次简短的小组授课，由一位钢琴教师指导，共八周。授课既可以在一个学年中的第一学期，也可以在第二学期。虽然在前测中两个组之间并无差别，但是在学年中期的 VMI 中，第一学期学习钢琴的学生比控制组表现出获得了显著多的

进步。这种进步在第二学期都保持下来，尽管它在中测和后测中被第二学期学钢琴的学生获得的进步所超越。考夫曼还开发了一种评估钢琴学习的方法。根据他的模型，该方法重点关注于那些与视觉—运动整合最直接相关的方面。运用这种评估方法，他发现了另外的证据证明钢琴教学的假定效果，事实上，在钢琴评估中得分最高的学生也是 VMI 成绩提高最多的学生。关于学习目标、教学、评估以及分数的详细阐述可以在考夫曼和卡弗的研究中找到（Kaufman & Carver，2000）。

分班设计和即时—延时设计的效度取决于分层随机指定及考夫曼和卡弗（Kaufman & Carver，2000）事例中所示的平衡评估法（counterbalanced assessment）。促使教师允许随机分配的一个实际的观点就是“否决权”。我们允许参与实验的教师有权拒绝任何一种特定的分配，这样就可以避免可能出现的极有争议的学生组合。但是我们要求有一个同等水平的学生（equivalent student）来替代（参照：分层）。通常情况下，利用统计测试来决定前测中的小组等质性（equivalence of groups），也用于测试是否有任何的差异与分层变量相关或者存在于平衡的测试形式中。除了这些预防性的分析以外，评估的信度可以通过评判间比较（inter-rater comparisions）来检测（.9 表示信度高，.8 表示信度中等），最好是有一个或两个评判者对评估不知情。

213

把评估设计聚焦于教学/学习过程

当我担任实验学校管理者时，我与一位富有才华且经验丰富的同事合作设计了学前和幼儿园计划以达到我们所确定的发展目标，这是通过利用由一种大范围的心理学原理支持的多方面设计来完成的（Carver，2001）。换句话说，我们正在进行一次全日制的设计实验。在这方面，我们对教学/学习过程的观察产生了关于什么起作用以及为什么起作用的直觉信息，其中一些直觉信息可以被转化成可测试的研究问题。在有些情况下，在控制非常严密但从生态学的角度看又是有效的背景中可以测试一些特定的方法。但是在另外一些情况下，复杂的背景必须保持原状，这可能是因为背景的组成部分没有被清楚地理解，也可能是因为背景的组成部分是不可分离的。下面的例子可以让研究人员有机会对与此类复杂背景中评估相关的设计决策进行反思。在每个事例中，我都强调如下内容：被用于促进学习的目标深层理解和过程，研究人员在关于什么能被控制、什么不能被控制的选择上的考虑，涉及的评估类型，哪些数据资料被收集了、哪些没有被收集，以及基本的研究结果。

程序化的直接教学法与引导性的发现教学法

教育学家经常把直接教学法（direct instruction methods）与指导式发现

(guided discovery) 进行对比，通常都认为后者是最适合年幼儿童发展的方法。然而，教师的直觉表明，适时的直接教学可以在无确定答案的学习体验中提高学习的促进因素。为了检测以一种互补的方式运用这两种教学法的有效性，布罗斯纳安（Brosnahan，2001）设计了一种运用水表活动（water table activity）教学生如何精确预测一个物体是要下沉还是要上浮的干预学习。

布罗斯纳安研究的认知基础包括在儿童早期水平上界定深层理解，使用的是判断下沉/上浮的准确决策树模型（a precise decision tree model of sink/float judgments），开始时是对物体重量的估计和对物体形状的考虑，包括了如下一个事实：一些物体可能先上浮一段时间，然后再下沉。然后，她收集了好多种同质的物体，以便突出物体截然不同的特征，并与一个经验丰富的教师合作编制了两份小组教学授课计划，一个用来直接教授决策树步骤（decision tree steps），另一个用来帮助学生通过有指导的实验发现这些关键特征。最后，她进行了一次交互评估，在评估中，个体学生通过预测、解释、测试和重新解释一系列物体下沉/上浮的判断来阐述深层理解。

这些课程和评估都是作为常规学校计划的一部分来设计的，但是考虑到人群控制（crowd control）、噪音级别（noise level）以及教师的可用性（teacher availability）等问题，我们不得不在一个单独的教室中进行实验。这个决定使我们可以请一位经验丰富的教师来上研究中的所有课程，同时也能减少注意分散和被打断的次数。

15 名 4 岁儿童和 20 名 5 岁儿童被随机分配编成小组，每个小组接受 4 次动手操作课，这些操作课需要指定的 6 个物品和 1 个水表（water table），以便学生学习作出下沉/上浮的判断。运用分班设计，每个年龄段小组的一半学生被随机分配去接受运用直接教学法传授的前两堂课，以及接受运用指导性的发现教学法学习接下来的两堂课。其余的小组以相反的次序接受两种类型教学法的授课。 214

学生在听课之前、听了前两节课之后以及听完全部四节课之后分别被单独测试，运用的是三套总共十一个评估物体中的一套，以平衡的顺序进行。此外，布罗斯纳安还对授课的实际过程录像，在研究之后她又与上课教师面谈，以便了解该教师对授课计划和实际执行的看法。

就学科变量而言，布罗斯纳安没有发现有性别差异，但是却发现幼儿园儿童在全部的三次测试中做得都比学龄前儿童好。从授课方法的实验操作来看，她发现，从直接教学法到引导性发现法的顺序中，学龄前儿童比幼儿园儿童在预测方面的成绩提高得更多，但是学习与另外一种授课顺序是同样的。

布罗斯纳安描述了从录像中发现的其他观察性研究结果，并通过与授课教师的访谈得以证实。学生似乎对运用直接教学法的课不太感兴趣，尤其是在先运用了指导性的发现教学法之后再用直接教学法更是如此。这种效果对于直接教学法

体验较少的学龄前儿童最为强烈。观察也表明，想要控制运用两类教学法授课所需的差异时间（differential time）是不可能的，指导性的发现教学法似乎花的时间较长。

在布罗斯纳安的研究（Brosnahan，2001）中可以找到决策模式、授课和评估的详细计划、对象集（object sets）、记分制和结果等细节。这个研究受到“上限效应”的局限，但是其策略性的评估设计却依然是有启发性的。布罗斯纳安能够把研究的问题集中在随机分配的对照组之间实验操作的因素上，同时仍然能够使所有孩子以一种具有高生态效度的方式参与到下沉/上浮的干预中。她收集并分析的第一手资料集中于孩子们对她所制作的下沉/上浮预测模式的具体决策树形的运用方面，这些资料也包括了利用更具开放性的方法来捕捉实际教学过程的本质特征，并表明哪些方面能被控制而哪些方面不能被控制。

在一个主题单元中培养知识建构的教学法

为了阐明一种更复杂的决策集，该决策集考虑到评估聚焦、实验操作与过程的文件记录以及合理简化数据收集和分析等方面，我将简短地描述一项研究，该研究是用来测试学校使用主题探索作为建构学生知识的方式的影响。在每个主题单元中，教师都在循环的讨论周期中融入了基于主题的书籍、歌曲、纪录片和游戏，设计了具体的、聚焦于主题的实验，并创建了一个主题导向的戏剧表演区。家长和教师共同分享并见证了孩子们获得惊人知识的事实，因此我们就想系统地评估概念获取的深度和广度，以便测试我们的直觉，并确定我们单元的哪些方面对于传授主题内容最有效。工作人员也同意参加我们为期一个月的夏季研究项目，为此他们选择了“海洋”作为主题，还有一位大学生申请到了一笔研究经费来进行该项目以作为她的荣誉论文（Ciesielski，2001）。

在所有的单元中，我们仔细查阅了关于儿童对这一主题理解的文献，然后形成某一单元的概念组织，以便与我们想要培养的那种深层理解相匹配。关于海洋主题的目标知识包括陆地和水的性质，适于这一栖息地的植物和动物的生活，可以获得的交通运输手段，以及不同的娱乐机会。因此我们为重点概念（conceptual focus）的每一部分都收集了适于发展（developmentally appropriate）的学习材料。紧接着，复杂的设计和纪实性描述单元就变得清晰了；研究时间总共20天，每天4小时，在绝大多数的研究日子里，这一主题都会得到强调。

215 为了聚焦评估设计，切谢尔斯基（Ciesielski）就哪种教学策略对儿童的知识获取最具影响力对教师进行访谈。教师们一致认为应该用非小说类写实书籍和主题丰富的歌曲作为对重要概念学习的预期资源。然后，切谢尔斯基就把她的实验操作和初期的数据收集聚焦于内容丰富的书籍和歌曲。如果有令人感兴趣的观察资料出现，那么同时记录下该单元的其他方面，以便用于潜在的可能

分析。

切谢尔斯基随机指定一位教师用内容丰富的非小说类写实文学书籍和内容虚构的歌曲教学，而另一位教师则用内容丰富的非小说类写实歌曲和内容虚构的小说类书籍教学。为了给教学的灵活性留有空间，她给每位教师多套书籍和歌曲供他们从中挑选，但是其中一位教师从书籍中选择了初级的教学内容，而另一位教师则从歌曲中选择了初级的教学内容。通常情况下，书籍的内容信息更为丰富但却很少被阅读，而歌曲内容虽然不如书籍丰富却被反复歌唱。很难预测哪种材料将更好地促进内容学习，这取决于全部内容与重复的相对收益（relative benefit）。

为了检测这些效果，切谢尔斯基运用了分班设计，把 30 个 3—5 岁的儿童随机分配在两组中的任一组，按照年龄、性别以及对海洋的体验（基于一次对家长的调查）分层。在海洋主题单元期间，所有的儿童都参与同样的活动，但是他们的循环周期体验的初级内容来源有所不同（书籍与歌曲），领导也不同。为了纪实性地描述每一小组的体验，切谢尔斯基对这些每天时长为 20—30 分钟的授课进行录像并转录，以便确定哪些书籍/歌曲被阅读/歌唱了多少次，教师或学生强调的是什么内容，等等。此外，为了记录儿童对该单元其他方面的参与情况，切谢尔斯基准备了一个核对用的一览表，让教师记录参与情况（简单的是非判断）。

在单元开始之前和最后一周内，切谢尔斯基运用了一种个体动态评估法（individual dynamic assessment）来评估每个儿童关于海洋的内容知识。这次评估涉及越来越多的提示，以便更加深入地探索儿童的知识基础，还有几次提示是从不同角度探讨这一主题的。第一个一般性的提示是请孩子“告诉我一些关于海洋的事情”。紧接着是一系列感官提示，如：“在海洋中你能看到/听到/摸到/嗅到什么？”再接下来的提示与本主题单元的四个分主题（海洋中的水和陆地、植物和动物，等等）具体相关。这次研究最后是以完成一次关于海洋的测试结束的。测试的目的是确定视觉提示是否能使孩子显示出额外的知识。切谢尔斯基还问了海洋与池塘（先前的单元）之间的差别，看看这种对比是否可能产生一种不同类型的知识。

为了把儿童逐渐加深的理解直观化并量化，切谢尔斯基把评估录像带转录在概念地图上，并为每个零散知识的深度（细节和概念联结）和突出性（例如，高突出性只需要一般性的提示）计分。图 13.3 和图 13.4 包括了给每个孩子的前测和后测的地图样本，以便突出显示数据资料的丰富性；记分制的细节以及另外的概念地图可以在切谢尔斯基（Ciesielski，2001）的研究中找到。

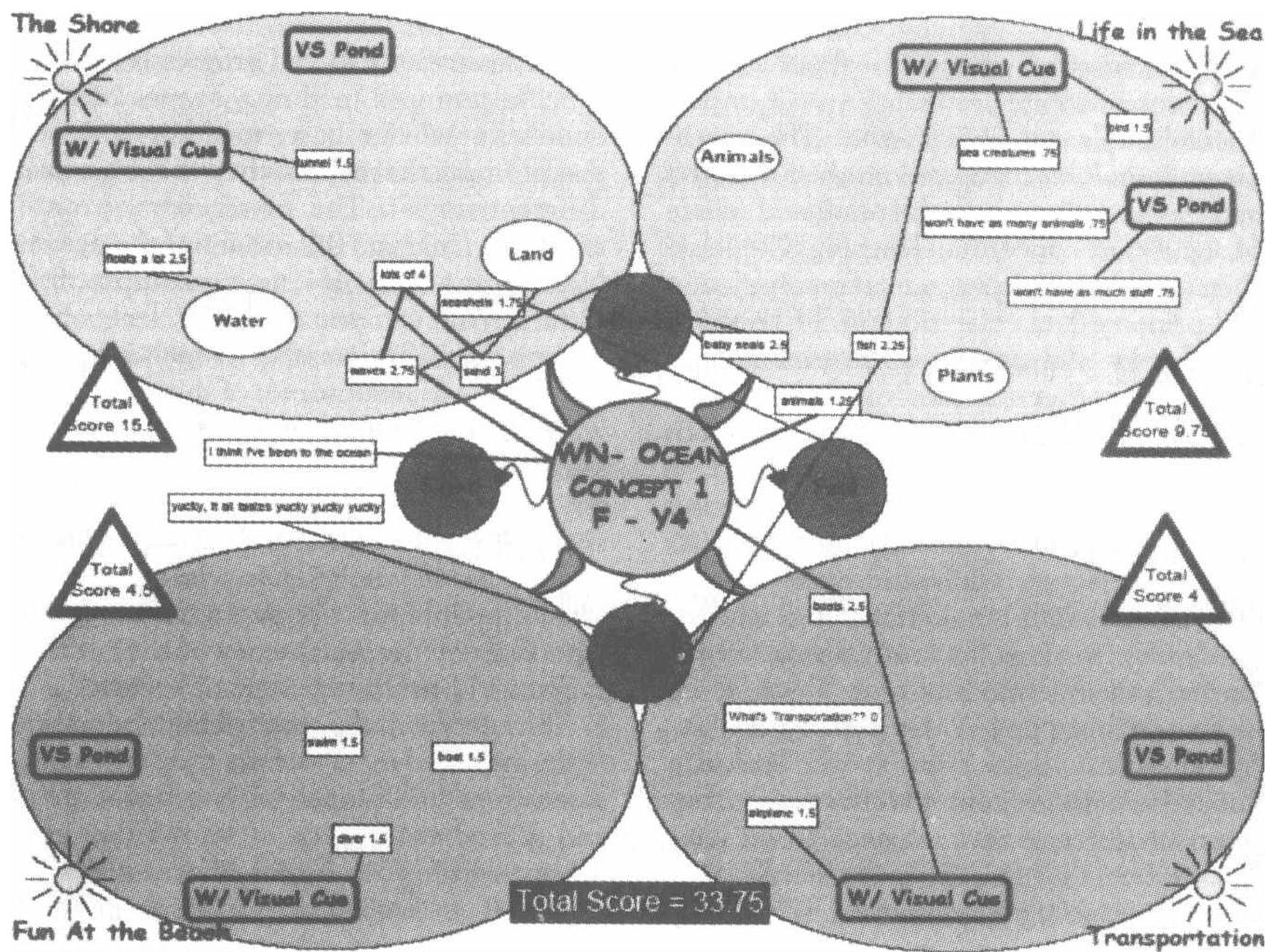


图 13.3　由切谢尔斯基提供的前测概念地图样本

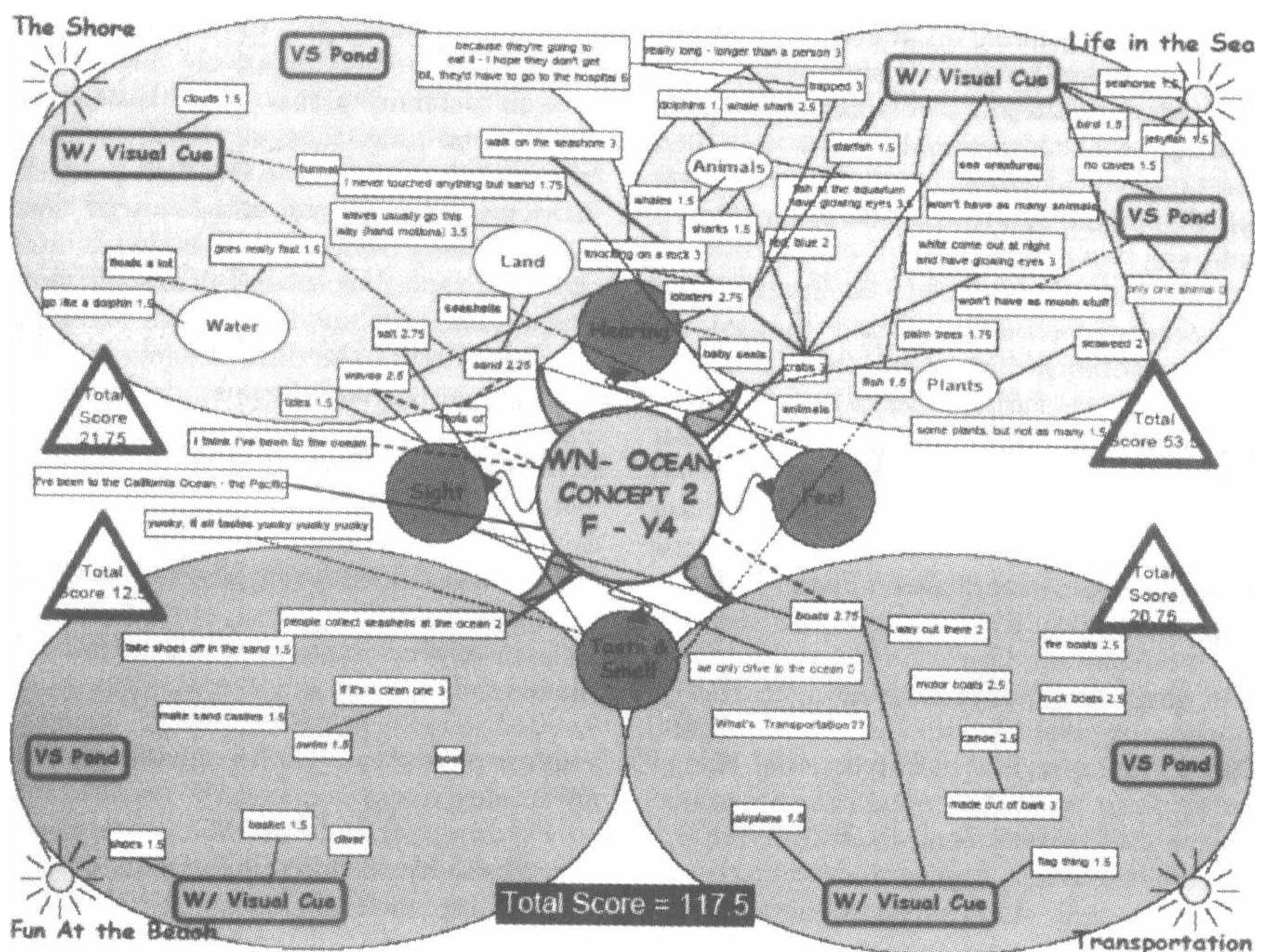


图 13.4　由切谢尔斯基提供的后测概念地图样本

知识的分数从前测中的平均分 41.4 提高到后测中的平均分 66.6（$p < .001$），其中 4 岁儿童和 5 岁的儿童比 3 岁儿童的获益大得多。没有性别差异或体验差异。使用内容丰富的书籍小组中的儿童比那些使用了内容丰富的歌曲小组中的儿童获得了更多的知识，尤为明显是动物和植物这一分主题方面的获益。60% 的儿童在前测和后测期间的获益在 10 到 40 个分值之间，因此单元影响是广泛的。在分值增加不到 10 点的 6 个儿童中，5 个属于内容丰富的歌曲小组；同时，在分值增加超过 40 点的 6 个儿童中，有 4 个属于内容丰富的书籍小组。对周期时间磁带的转录揭示出，两个小组唱歌的数量相同，阅读书籍的数量几乎完全一样。更重 216 要的是，这些转录揭示出，内容丰富的歌曲小组中的教师通过运用海洋的照片和人工制品弥补了自己只有小说类书籍的不足。这些策略模仿了非小说类写实文学书籍中的内容，可能事实上已经降低了书籍/歌曲的实验对比性。活动参与日志中最有趣的研究发现是：儿童在寻求知识内容的倾向上似乎有个体差异，其中一些儿童主动选择高层级的内容活动［例如，玩一种海洋宾果游戏（ocean bingo game）与在沙池中玩］。这些儿童在动态评估中的初始分数和成绩分数都很高。关于结果的另外的详细情况可以参见切谢尔斯基（Ciesielski，2001）的研究。

切谢尔斯基的研究用实例证明了研究人员与教师合作研究的价值，确认了许多复杂的设计方面中哪些才是假定的教学过程的核心，并因此把实验操作、评估和有关的数据资料收集以及分析聚焦于假定的教学过程的核心上面。以这种方式进行简化，使研究人员能够把一些额外资源用于收集次要数据资料，以记录更加广义的教学/学习过程。发展科学和认知科学都有助于该单元达到主题单元的初步规范（initial specification）的目标，也有助于设计出适于发展的活动来促进知识的获得并绘制儿童增长的知识网络图。因为概念地图是如此详细，而且记录的过程既包括了周期时间讨论的转录，也包括了供个体儿童活动的选择，所以进一步的分析就可以将具体的经验与特定的收获相联系。那么，对另外研究的评估和 217 分析也就能聚焦于对比经验类型与探究个体差异等上面，以便逐渐地完善研究人员和教师对年幼儿童的主题内容学习的理解。

运用层级研究法评估

正如上述几个研究中所显示的那样，基于认知基础的聚焦评估设计（focused assessment design）能帮助研究人员避免陷入到设计一个探索多种交互因素影响的大型研究的困境。在这一部分我提倡的一种研究取向是运用多个层级处理一个研究的不同方面、分析的不同阶段或者一个研究计划的不同阶段。运用这种方法，学习科学能够有效地把设计科学和认知科学方法融合在一起来研究真实世界中学习的复杂性，用方法论来达到高级的科学标准并为具有因果关系的结论产生有效的数据资料。你越是缩小对问题中心的关注范围，就越清楚时间和精力该

投入在何处以便作更深入的调查研究和分析（见图 13.5）。初始研究和分析应该218以假定为关键的那部分内容为中心，并且也应该经常包括二级和三级可能性（层级一）。这样根据第一轮中产生的较为清晰的中心点，后续的分析和研究就可以实现目标，等等（层级二和层级三）。

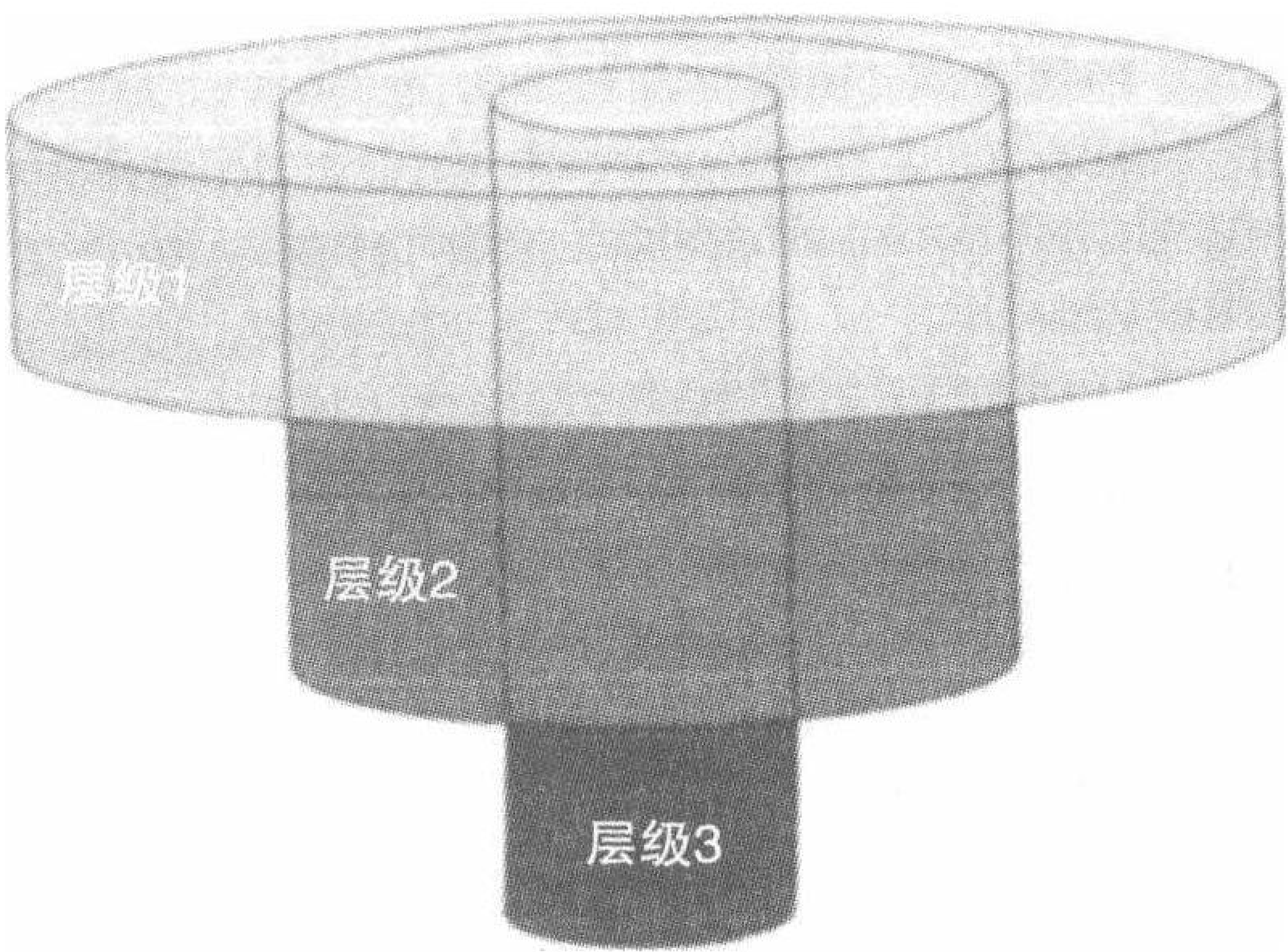


图 13.5　层级研究法

克拉克和林（Clark & Linn，2003）在调查利用计算机作为学习伙伴（Computer as Learning Partner，简称 CLP）课程的教学时间对八年级学生关于热力学的深层理解产生的影响时，用实例证明了这种研究方法。他们将这种方法界定为学生另外的“新观点和通过联结进行分类以便对科学现象作出具有内聚力的解释”（p. 451）。关于他们评估的认知基础，克拉克和林强调了在教学目标、课程活动与评估之间的调整，列举了他们的实用主义的教学设计原则，并且描述了他们为完善干预所进行的反复的设计研究。

克拉克和林的研究计划涉及在不同层面作持久的研究，运用精心设计的评估来揭示出标准评估未开发的深层理解。克拉克和林的记分制需要用一种简明的方法来表示热力学思想概念的范围。他们运用了一种简单易懂的记分制，是一个从不规范、到过渡、到规范再到细致入微且规范的 4 点量表。他们的结果表明：规范的理解对于完成许多多项选择题而言已经足够，但回答探究式问答题则需要细致入微的知识整合。

他们宽广的覆盖面涉及研究同一位教师在 20 个学期中所教的 3000 名学生，运用的是 CLP 课程的四个逐渐精简过的不同版本。他们记录了关于多项选择评估和问答题所需的例子、原因和证据等方面从前测到后测的提高。学生对问答题的回答反映了**课程的版本越来越精简、学习的深度逐渐下降**的情况；但是多项选择题的答案在四个不同版本中都保持相当高的水平（80%—90%）。在第二层级的研究中，他们从 300 名在一年中都运用了该课程的学生中随机挑选了 50 名学

生，在这些学生就读八年级期间通过访谈长期跟踪他们，具体探索的是矛盾、联结、差异和推理的模式。最后，第三层级的研究涉及通过在高中访谈一位具有代表性的学生来进行跟踪研究，以便更好地理解知识整合的过程，并确定真正学会核心的科学概念需要花费那么长的时间的原因（最值得注意的是，因为学生对概念冲突的反应是怀疑讲授的概念，而支持已有的概念和特殊的解释，并且还因为学生们需要在多个情境中重新熟悉这些观点，探索关键的案例以及接受脚手架来发展成熟的概念）。

通过运用多种对深层理解有着不同敏感度的方法，加上一种从跨越多年的大范围样本到对单个案例研究的层级研究法，克拉克和林成功地识别了教学时间在学习过程中的具体作用。此外，他们仔细地识别并且说明了一些可能的研究混淆问题（research confounds）。例如，在跨越多年的研究中与同一个教师合作就产生了一种一致性。如果有不一致的地方，可能就是这个教师教授热力学的经验越来越丰富，会在后续项目的研究中对学生产生有利的影响。与此类似，CLP 课程最简明且最有效率的版本从最佳的修正中受益很大，这应该是有利于支持后期参与者进行深层理解的。然而，研究结果表明，使用后期且更简化、更有效率的课程版本的学生实际上对探究问题表现出更浅的学习深度。

评估研究中的多个层级对于评估学习科学中的深层理解尤其重要，因为创建一种可以促进深层理解的文化，拓展干预和多层迭代是必要的。在了解学习科学实践需要多种课程经验，以及了解系统范围内的变化对于探索一种文化是必要的情况下，科洛德纳等人（Kolodner, 2003）就对具体科学内容的深层理解进行了对比，学生在某一门课程中通过“借助设计法来学习”（Learning by Design approach）可能会获得对这些科学内容的深层理解（也见 Kolodner，本书）。评估这些深层水平的理解需要一种层级研究法，该方法被用于研究教育过程中学生、教师、研究人员和其他相关人员的学习。

219

实际上，上述所有关于深层理解的特定模式（该模式是与学生的理解相关的教学和评估之基础）的讨论，也适用于教师理解方面的学习科学研究。众所周知，教师的理解对于教学/学习活动和学生成就有着重大影响。同样，研究人员对于学习目标、教学设计和评估的理解是在整个研究过程中逐渐形成的，也可能成为研究的对象。最后，把认知理论和方法论与教育评估实践有效地连接在一起以促进深层理解的类似过程也能应用于政策制定者和公众（NRC, 2001, Figure 8.1）。本章中讨论的这些评估原则同样也能应用于对这些层面中任何一个层面的深层理解的研究。实际上，科布等人（Cobb et al., 2003）提倡在设计实验中运用多层次的分析来处理这些过程和学生的学习、课堂共同体、专业教学共同体以及学校和/或学区。

对评估的深层理解

想象一下学习科学研究人员，包括你自己，在准备一份论文计划时，或者在设计一个特定的评估时，可能把本章作为课程指定任务的一部分进行浏览、略读或阅读。他们对我写下的任何理解性问题的回答是否可以揭示他们从我的教学中获取的对评估的深层理解。答案显然是否定的。部分是因为学习者先前的知识、专业知识的水平、阅读的目的都各不相同，因此每个人的学习过程毫无疑问是截然不同的，并产生高度个体化的知识获得。当然，对于我提到过的所有研究以及本书中描述的那些研究，都存在同样的问题。在多种教学和学习过程中，不同的学生和教师利用大范围内的工具进行交互活动，他们在复杂交互系统的情境下有着不同层次的兴趣和动机，这些交互系统是在课程独特的学习历史过程中发展形成的。

一方面，学习科学研究人员面临着在极为有限的时间和资源的条件下研究种种复杂得令人绝望的情境。另一方面，这种复杂性和局限性正是研究人员能够从将认知理论和方法论应用于具体说明——其深层理解的模式、教学设计的关键组成部分以及我先前在表 13.1 中概括和总结的对学习的干预和评估的简化记录——中受益颇丰的原因。通过把单个的研究聚焦于特定的深层理解，伴随着对操作、测量和记分系统清晰的调整，研究人员能够以易管理的方式系统地探索复杂学习环境的方方面面，并获得对一般模式和个体过程的了解。通过逐渐完善他们的模式、设计和评估，研究人员能够不断深化对教学/学习过程的理解，这些过程在不同的学习者之间以不同的方式产生深层理解。

以一声响亮的“不”回答我的问题的另一个原因是：即使是仔细研究了本章的这些内容，也不大可能获得对评估的深层理解。既然我的目标是改进学习科学研究计划评估的方法，以便在资源极其有限的情况下取得最大的研究成果，那么就只能在学习者有多种机会把这些思想应用于思考自己和他人的研究情境以及评估设计之后才能测量我的努力产生的影响。即使那时，我也将需要超越理解问题，或许是通过对三角测量协议分析、研究会议的观察以及访谈方法来探索思维过程。事实上，如果我在本章中设计一项研究来测试学习的影响，那么我也必须考虑这里产生的所有问题，以便有效地评估深层理解。

220

参考文献

Anderson, J. R. (1987). Methodologies for studying human knowledge. *Behavioral and Brain Sciences*, 10, 467 – 505.

Anderson, J. R. (2000). *Cognitive psychology and its implications: Fifth edition.* Worth: New

York.

Barab, S. and Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 1 - 14.

Bloom, B. S. (Ed.) (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Handbook I, cognitive domain.* New York: Longmans, Green.

Brosnahan, H. (2001). *Effectiveness of direct instruction and guided discovery teaching methods for facilitating young children's concepts.* Unpublished senior honors thesis, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA.

Carver, S. M. (1988). Learning and transfer of debugging skills: Applying task analysis to curriculum design and assessment. In R. E. Mayer (Ed.), *Teaching and learning computer programming: Multiple research perspectives* (pp. 259 - 297). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Carver, S. M. (1995). Cognitive apprenticeships: Putting theory into practice on a large scale. In C. N. Hedley (Ed.). *Thinking and literacy: The mind at work* (pp. 203 - 228). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Carver, S. M. (2001). Cognition and instruction: Enriching the laboratory school experience of children, teachers, parents, and undergraduates. In *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (pp. 385 - 426). Carver, S. M. and Klahr, D. (Eds.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Carver, S. M., Lehrer, R., Connell, T. and Erickson, J. (1992). Learning by hypermedia design: Issues of assessment and implementation. *Educational Psychologist*, 27 (3), 385 - 404.

Chi, M. T. H., Siler, S. A., and Jeong, H. (2004). Can tutors monitor students' understanding accurately? *Cognition and Instruction*, 22 (3), 363 - 387.

Ciesielski, C. (2001). *Preschool theme teaching: What works and what doesn't?* Unpublished senior honors thesis, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA.

Clark, D. and Linn, M. C. (2003). Designing for knowledge integration: The impact of instructional time. *The Journal of the Learning Sciences*, 12 (4), 451 - 493.

Cobb, P. Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., and Schauble, L. (2003). Research as design. *Educational Researcher*, 32 (1), 9 - 13.

Collins, A., Joseph, D., and Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the Learning sciences*, 13 (1), 15 - 42.

Dede, C. (2004). If design-based research is the answer, what is the question? *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 105 - 114.

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5 - 8.

diSessa, A. and Cobb, P. (2004). Ontological innovation and the role of theory in design experiments. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 77 - 103.

Fishman, B., Marx, R. W., Blumenfeld, P., Krajcik, J., and Soloway, E. (2004). Creating a framework for research on systemic technology innovations. *The Journal of the Learning Sciences*,

13 (1), 43 - 76.

Frederiksen and Collins (1989). A systems approach to educational testing. *Educational Researcher*, 18 (9), 27 - 32.

Hirsh-Pasek, K., Kochanoff, A., Newcombe, N. S., and deVilliers, J. (2005). *Using scientific knowledge to inform preschool assessment: Making the case for "empirical validity."* SRCD Social Policy Report, 19 (1).

Kaufman, G. F. and Carver, S. M. (2000). The effects of piano instruction on the visual-motor development of kindergartners. *National Association of Laboratory Schools Journal* 24 (2), 9 - 17.

Kelly, A. E. (2004). Design research in education: Yes, but is it methodological? *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 115 - 128.

Klahr, D. and Carver, S. M. (1988). Cognitive objectives in a LOGO debugging curriculum: Instruction, learning, and transfer. *Cognitive Psychology*, 20, 362 - 404.

Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, B. F., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., and Ryan, M. (2003). Problem-based learning meets casebased reasoning in the middle-school science classroom: Putting Learning by Design™ into practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 12 (4), 495 - 547.

McAfee, O., Leong, D. J., and Bodrova, E. (2004). *Basics of assessment: A primer for early childhood educators.* Washington, DC: National Association for the Education of Young Children.

National Research Council (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment.* Washington, DC: National Academy Press.

Siegler, R. S. (1998). *Children's thinking: Third edition.* Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Simon, H. A. (1979). *Models of thought.* New Haven, CT: Yale University Press.

221

第三部分

知识的本质



第14章

225

基于案例的推理

珍妮特·L. 科洛德纳

本章讲述基于案例的推理对学习科学的贡献。事情得从20世纪70年代的人工智能和认知科学说起，罗杰·尚克与他的学生探索了一些方法，目的是使计算机能够读懂人类的日常语言。他们从观察人们理解日常用语的方式开始研究（Schank & Abelson，1977），发现了类似图式的（Schema-like）知识结构。这些知识结构可以把不同类型的知识组织起来，他们还发现，推理的过程可以从这些知识结构中产生。基于案例的推理（Case-Based Reasoning，CBR）由此诞生了。在20世纪80年代的研究中，研究人员试图使智能系统模拟专家行为。随着研究人员对于让推理者根据先前的经验进行推理这一过程的深入研究，基于案例的推理可以给教育工作带来很多启发这一观点逐渐变得清晰。研究人员根据CBR的原理开发设计了一些学习环境，包括成人教育、博物馆教育、中小学教育和大学教育等。在这些学习环境中，计算机作为工具用来提供信息和建议，CBR认为这些信息和建议有助于提高项目学习的效率，促进学习目标的达成；计算机可以作为促进反思的工具，CBR认为反思可以促进学习者有效地从经验中学习；计算机还可以作为学习顺序的组织者。有时，计算机所起的作用是微不足道的。基于案例的推理的认知模型却可以作为指导框架，来设计课堂活动系统、课堂脚本（script）、教师和同伴的角色，从而促进从项目和问题解决的经历中学习。

CBR简要回顾

在20世纪70年代后期，尚克小组的研究人员在耶鲁大学提出了“日常知识表征框架”的概念，并提出了使用表征以理解关于日常经验的英文故事。比如：尚克和埃布尔森（Schank & Abelson，1977）认为，人们日常生活中事件的顺序被贮存在一个高度概括的“脚本”中，人们借助这些脚本而生活。所谓脚本，是指在记忆中贮存的知识结构，它可以表征日常的情景、事件的顺序和特点以及与某些特定经验相关的物件等。比如，“餐厅脚本”被视为一种知识结构，任何

226

人在去过几次餐厅后都会形成这样的“脚本”。这样的“脚本”概括性很强，可以在同类情景中反复应用。比如，进入一家餐厅，期待接下来会发生的事情，预测自己和其他人将如何反应。这些表征符号和过程可以在计算机中执行，一个名为 SAM 的程序（Schank & Abelson，1977）可以应用“去餐厅吃饭”的脚本进行推断，比如，约翰在餐厅中点了一份牛排，然后他将吃掉牛排，再付账，最后在离开的时候付小费。

在 20 世纪 70 年代末期，尚克的研究小组发现，有些思维过程不仅与一般性的脚本有关，也与产生该脚本的事件有关。例如，去餐厅参加某个年度庆典宴会的时候。已经贮存在头脑中的关于餐厅的脚本可以帮助人们作一些事件的预测，比如，你若坐在餐桌旁，服务员就会过来服务。如果你还参加过几次聚会，那么根据聚会的脚本，则可以知道将有蛋糕可以享用，有歌曲演唱，有礼品赠送等。但是只有当一个人在不久前参加过化装晚宴（fancy celebration），才能很容易地预知整个场面和仪式的状况以及食物的安排状况。

尚克的实验室已经研究了脚本的发展，以及个人的记忆与脚本之间的关系。例如，CYRUS（Kolodner，1983a，1983b）系统贮存了赛勒斯·万斯（Cyrus Vance）任美国国务卿时的经历。在这个系统中可以查询到他所有的日常事件：当不能回忆起特殊的事件时（比如，万斯的妻子很有可能参加了某次国宴），通过查找记忆中的经历（比如最后一次去苏联的情况），并基于那些记忆结构来想象或者“重构”那些被遗忘的细节。

从这些努力中发展出来的理论形成了 CBR 理论（Schank，1982；1999；Kolodner，1993）。CBR 理论认为人们的头脑中储存着成千上万的“案例”，有的是具体的事件，有的则是概括性的。这些案例有着类似脚本一样的结构，贮存着日常事件的一般顺序。人们能够识别新情景的重要特征并且从巨大的记忆库中搜索与当前情景最吻合的案例，智能行为就是基于人的这种能力。一个案例的结构与电影的脚本非常相似，有背景、演员、目的、事件发生的顺序、预期结局、事情经过（如果是可知的）以及把结果跟目标和手段联系起来的解释。

CBR 解释了人们如何利用先前经验解决新情景中发生的问题。仍以化装晚宴为例，根据 CBR 理论，一个人再次参加年度化装晚宴的时候，将根据上文提到的晚宴和某些细节推知本次晚宴的场面和仪式。尽管餐厅脚本和聚会脚本还是可用的，但个人记忆比二者具有更强的适用性。在餐厅中发生的一些具体事件在适当的条件下能够激发出推理，比如，某次某位笨拙的服务员把汤洒在了某人的身上，下一次此人再次见到与这位服务员模样相似的服务员时会考虑不要点汤喝，或者在服务员端汤的时候小心避让。某次在某素食餐厅吃到可口的中国菜，下次光临的时候很有可能点这道菜，或者到类似的餐厅点这道中国菜。如果在一般的经验中没有上述特别就餐经历，人们则会在餐厅脚本的指引下完成就餐过程。

从基于案例的推理到基于案例的学习

CBR 程序（参照 Kolodner，1993）比其他模式化专业技能的方法更具有灵活性，CBR 程序可以从经验中进行学习，随着时间的积累程序会更加“聪明”。早期的 CBR 系统包括 MEDIATOR（Kolodner & Simpson，1989），该系统能够调解简单的争论（如：姐妹两人要争同一个橘子）；CHEF（Hammond，1989）程序能够从原有的方法中生成新的方法；JULIA 程序可以安排用膳。在设计和应用这些计算机系统的过程中产生了很多新概念。比如：**索引问题**(the indexing problem)，在记忆中识别与新情景最匹配的案例；**知识应用**(knowledge application)，这个过程包括应用最佳匹配案例解决新情景中出现的问题，以便解释新情景，或推论如何操作下一步；**预测失败**(expectation failure)，在学习中它帮助学习者关注未来需要注意的地方，以及学习者下一步的学习需求；**适应**(adaptation)，修订计划并基于预测失败进行解释的过程。程序对事件的记忆能力越强，尤其是事件的细节、片段间的关联、经验教训等的记忆，案例的可用性和可应用性就越强。程序对新情景的解释能力越强，它调用类似案例进行推理的能力就越强。 227

随后，研究人员试着应用 CBR 程序模拟学习新手的推理过程，以了解新手从对某个任务或领域知之甚少到熟练其词汇和操作的过程。研究这个过程中词汇的变化和行为的变化。例如，CELIA（Redmond，1992）利用案例模拟学徒技工寻找故障和学习技术的过程。研究人员从 CELIA 中发现新手的先前经验在学习中起着重要作用。对学习者而言，掌握丰富的类似经验很重要，唯此才能提炼出所学各门课程之间及其各自在应用中的精妙之处与细微差别（Kolodner，1993）。

这些研究帮助我们阐明了一种基于案例的学习理论（Schank，1982，1999；Kolodner，1993，1997）。主要内容包括如下几点：

1. 在努力完成感兴趣的目标的情境下，学习效果最好。

2. 为了更好地从自身经历中学习，学习者需要解释自身经历，以便将经历变成叙述良好的案例贮存到记忆中。学习者将目标和完成目标时所运用的推理技能联结得越好，案例在以后的推理中就应用得越好。学习者归纳所学课程的能力越强，对知识可运用性的预见性越强，案例的可用性就越强。学习者解释失败和预测失败的能力越强，案例的有用性和可用性就越强。

3. 应用记忆中案例的经验可以促进进一步的学习。应用和预测的失败表明学习者需要学习更多的知识，同时，失败也为学习者重新解释已有经验提供了契机。思考如何运用案例，以及如何借鉴这个案例的教训来适应新情景，这些都能促进细节更丰富的案例的形成。学习者运用案例的机会越多，则修正解释的能力和知识的运用能力就越强。

4. 学习者可以从自身及他人的案例中学习。

5. 如果可以提供及时的反馈让学习者有机会认识到自己的错误或预测失败，并且能解释错误或预测失败的原因、寻找另外的解决方式，那么学习者从错误及预测失败中能获得更好的学习效果。

应用 CBR 促进教育

228 尚克首先把上述 CBR 的理论原则应用于教育中，其方式是“基于目标的情景”（Goal-Based Scenarios）（GBS；Schank et al.，1994；Schank & Cleary，1994）。GBS 要求学习者完成一个给定的任务——在一个含有目标的、真实而复杂的情境中应对一个真实挑战。学习者在努力完成任务的过程中，推理能力得到了发展。这个过程包含着既定的推理内容和目标。例如，为了帮助高中生学习历史知识，提高写作能力，以便更好地吸引受众，根据 CBR 的理论，可以要求学生编写主持人的节目讲稿（应用 Broadcast News 程序）。为了提高销售员的广告营销能力（应用 Yello 程序），成年学员在一个模拟环境中扮演广告销售员，学习如何提高销售额。角色扮演的办法能够激励学员学习目标推理（Targeted Reasoning）技巧。这些技巧是成功所必需的基本功。学员要体验所扮演角色将要面对得失与成败，增长经验，提高思维能力。计算机软件在角色扮演的学习过程中提供了帮助。它可以帮助学习者识别错误与预测失败，并作出解释说明，总结经验和教训。

CBR 的原则在教育环境中的应用主要表现在以下三个方面。

1. 根据 CBR 的整套原则设计出了新的教学方法。

2. 根据学习者可以通过他人经验中学习的原则，设计了案例库。案例库成为新的学习资源，并被整合到各种学习活动中。

3. CBR 认为阐述经验可以促成富有成效的学习，据此产生了案例编写工具，帮助学习者就问题解决和项目学习中获得的成功经验进行反思与表达。

本章接下来将分别就这三方面进行叙述，我将概述各个方面的基本情况，并介绍一些比较具体的项目。在这些叙述中贯穿着三个目的：首先，介绍 CBR 的多种贡献，即作为一种认知理论，CBR 可以改善教育。其次，介绍 CBR 中一些有影响力的著名的模型，它们能够提升学习的效果。最后，介绍一种教育情境中 CBR 的应用情况，它需要从认知理论原则转变到认知实践原则。

促进学习的新教学方法：从设计中学

GBS 方法集中于设计程序方面，这类计算机程序能促进学习者完成学习任务。我们的实验室开发了一种被称为从设计中学的方法（Learning by Design，LBD；Kolodner，1997，Kolodner，Crismond et al.，2003；Kolodner，Gray，& Fasse，2003）。它根据 CBR 的学习理论安排完整的课堂环境。LBD 在 CBR 的基

础上设计教学方法，这个方法在学校的限制条件内是可行的，这些限制条件是：一节课 40 到 45 分钟，一次一个主题，一位教师带领 20 到 25 名学生，使用计算机的时间有限。LBD 的教学方法包括课堂活动的结构系统（又称课堂脚本，classroom scripts）及教师角色指导纲目；帮助彼此从经验中学习的同伴角色；安排个人、小组、全班三种层次的教学活动；及实物和文本的教学资源。我们设计此种教学方法的目的是为了给学生提供能促进深度学习的经历，并支持学生以一些能够实现有效学习的方式来理解他们的经历。

229

LBD 采用基于项目的探究方法（Blumefeld et al.，1991；Krajcik & Blumenfeld，本书）。学生通过努力完成设计的挑战来学习。例如，学生们通过设计微型汽车及其动力系统的任务，学习力、运动和牛顿运动定律；通过设计解决荒岛侵蚀问题，学习关于侵蚀和水流方面的知识，以及人与环境之间的关系。CBR 理论认为最好的学习经历来自于提供清晰及时的反馈，设计、组建和测试设计作品就提供了这种反馈。组装实体物件的学习活动激发了学习的动机，启发学生发现未知世界，教会学生科学地思考，提供检验所学概念的机会，使学生发现知识与能力间的差距。设计挑战活动为学生提供了参与并学习复杂认知技能、社会技能和交流技能的机会。LBD 学习单元的对象主要是初中学生（六至八年级，12—14 岁）。

LBD 的活动及序列

设计挑战活动提供了能引发学生深层学习的各种经历。LBD 的循环及活动模式的结构促进了对学习经验的反思，这些经验需要从经历中富有成效地学习。图 14.1 表明了 LBD 学习活动的顺序。左边是设计/再设计循环，这个循环是实现设计挑战目标所需要的。完成目标需要进行调查。右边的调查循环也是 LBD 的有机组成部分。活动从设计/再设计循环开始，当学生发现有新知识需要学习的时候，他们便开始了调查的过程。反过来调查的结果又为设计过程提供了应用的内容。每个循环的活动均能促进学习者完成学习目标，每个循环均整合了一系列的科学、设计、合作及沟通等方面的技巧。

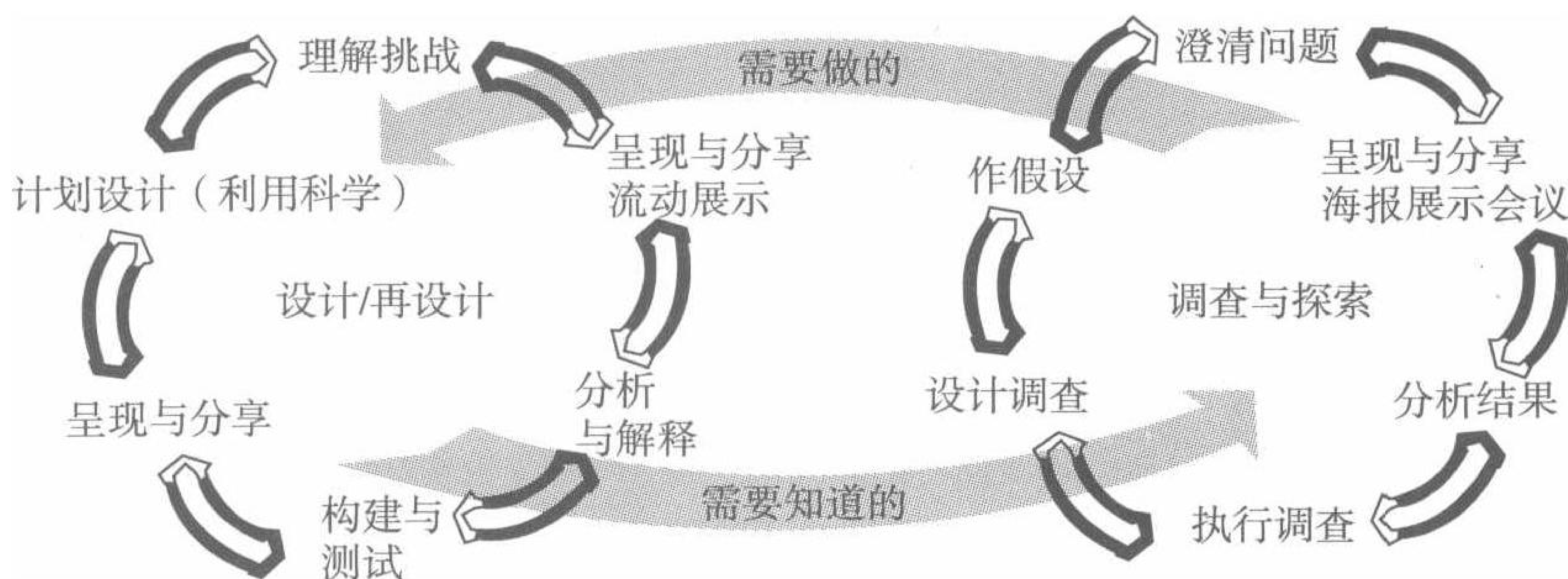


图 14.1　从设计中学的循环模式

图 14.1 表明 LBD 的活动循环包括各种精心编制的结构与顺序。设计课堂脚本的目的有两个，一个是保证图 14.1 所示的挑战性任务的完成，另一个是提供利用所学科学概念进行科学推理的机会。

循环里呈现的两类课堂脚本：行动（action）和会话（discourse）。**行动活动**，如“设计一个实验”，与科学和设计的经验技能相关，并且能促进学生养成良好的方法习惯及严谨的作风。学生以小组的形式开展行动活动，并划分跨组调查的任务。**会话活动**提供报告方式与内容及讨论的焦点。当倾听他人的见解有助于完成项目挑战时，就把会话活动插入到 LBD 系列活动中。会话活动鼓励学生去反思并解释行动活动中所经历的各方面——正在做什么，做到什么程度了，用了哪些科学知识，怎么理解这些知识，知识与项目本身是什么关系，思维活动与项目目标的关系是什么。

230

表 14.1　LBD 脚本活动结构举例（课堂脚本）

在循环中的功能	LBD 脚本活动结构（课堂脚本）	类型与场所	描　述
设计一项调查	设计一项实验	行动 小组	调查给定的问题（以发现变量的作用的方式），设计实验，实验中控制好变量，安排适当的实验次数等
分析结果；分析与解释，呈现与分享	创作和改进经验法则（rules of thumb）	行动，讨论 小组	验证数据的趋势和设备的运转情况；对数据作出科学解释以便明白趋势应用的时机（小组建立新的经验法则及现有法则需要调整的地方）
呈现与分享（调查循环）	海报展示会议	讨论：呈现与分享 全班	根据经验法则，针对同伴评论呈现调查的过程、结果和分析
计划设计	计划设计	行动 小组	选择并整合设计元素来应对设计挑战，基于证据作选择
呈现与分享（设计/再设计）	粘贴会议	讨论：呈现与分享 全班	呈现设计思想、设计决策和针对同伴评论的辩护，随后进行计划设计或建构与测验设计活动
建构与测验	测验设计	行动 小组	测试制作的设备，收集数据，初步解释；随后进行流动展示活动
呈现与分享（设计再设计）	流动展示	讨论：呈现与分享 全班	根据白板和经验法则，根据同伴评论和建议呈现设计经验，解释设计行为

LBD 与 CBR 的关系

LBD 系列活动的最终目的是为学生的深入思考提供脚手架，这种思考将引起学生认识并调整他们的理解、技能和操作。通常，小组开展活动并在反思中完成第一步，而全班活动则为小组活动提供了展示平台。在平台中交换关注点和各种建议，共同分析某些现象，把小组陈述的信息归纳为抽象或一般性原则，并讨论下一阶段的活动内容。全班讨论为学生从同伴的经验中学习提供了途径，扩展了案例的数量，方便了后续的应用。总之，整套活动系统体现了 CBR 的一些原则。

231

在努力完成感兴趣的目标的情境下，学习产生的效果最好。 LBD 的挑战目标是根据我们对初中生兴趣的了解进行设计的，并且每个单元的前期活动使儿童对挑战目标感到兴奋。

为了更好地从自身经历中学习，学习者需要解释自身经历，以便将经历变成叙述良好的案例贮存到记忆中。 当学生从科学知识中获得经验的时候，LBD 的全班讨论活动被安排到循环中来。要求学生当众陈述，鼓励学生解释他们所获得的经验。这样，可以把行为与目标联系起来，识别并解释错误与失败，为后续的学习提供经验教训。

从记忆中应用案例的经验可以促进进一步的学习。 在 LBD 中，学生经常重复活动来应用讨论中所学的知识，并检验是否充分理解了概念和掌握了技能。学生也有多种机会去反复应用他们所学的知识和技能。

学习者可以从自身及他人的案例中学习。 设计展示会议的目的是为了让学习者不仅能够了解同学的经验，还能够对这些经验进行思考，以便从中搜集新思想，或者提供建议。教师把学生的展示贴在墙上，方便同学反馈。课堂中使用案例编写软件的目的在于帮助学生反思（利用 SMILE 软件：Nagle & Kolodner, 1999；Kolodner, Owensby, & Guzdial, 2004）。学生把经历写入计算机中形成案例，创建在线案例库供其他同学使用。此外，有些挑战任务还需要配合专家案例库作为学习资源（Owensby & Kolodner, 2004）。

如果可以提供及时的反馈让学习者有机会认识到自己的错误与预测失败，并且如果学习者能解释错误和预测失败的原因，寻找另外的解决方式，那么学习者从错误及预测失败中能获得更好的学习效果。 在 LBD 中，老师要求学习者获得真实的结果，或者获得有用的信息，以进一步学习。如果学生的设计作品无法顺利实现预期的功能运作，则学生会意识到他们所学知识或能力存在着差距。全班讨论活动鼓励学生解释所发生的现象。把各种不同的解释信息汇集到一起，增加了学生学习新知识的机会。如果学生无法作出解释，则说明学生的知识存在缺陷。

一个 LBD 方案

理解挑战

“气球小车挑战”是《车体运动》单元的第二个模块。学生要用气球和吸管设计小车的反作用力推动系统，看谁做的小车跑得最远。他们以小组活动的形式来检验影响气球“引擎”效果的因素。然后，以班级为单位，确定下一步的调查，以便加深对这些效果的认识。在这个公共会议上，他们自由汇报各自的观察结果（比如，“粗吸管似乎比细吸管使小车跑得更快”），讨论观察到的现象及如何解释这些现象（比如，“我认为不能这样比较，因为这些小车在斜面上没有准确地滚动一样远的距离。我们需要作公平的测试来判断”），试着解释观察到的现象（比如，“我认为粗吸管的小车推动力更强，因为同一时间内排放出更多的空气，因此小车能跑得更远”）。最后确定学生想知道的变量的效果（比如，吸管的长度、引擎的数目、气球里空气的体积等）。教师帮助学生把最初的问题转换成一系列可控的实验（比如，气球的大小对小车的运动距离有多大影响?），给每组分配一个问题进行研究，并提醒学生关注有趣实验的来龙去脉。

232

图 14.2 “设计日志”网页：“我的经验”。它提示学习者注意的重要事情，这些事情需要讨论或者计划（详见 Puntambekar & Kolodner，2004）。

调查与探究

每组学生负责调查一个问题，设计并操作一个实验，得出结论。学生用设计日志网页（图 14.2）或者 SMILE 的“设计实验的工具”（图 14.3）。在设计和操作实验以及收集数据时，这些工具提示学生把注意力集中到恰当的地方。

Plan
Describe your plans for investigating your problem.

Plan Summary

What variable will you change?	Length of whirly gig wing
What values will you give it?	Original (template) Original + 1 inch Original + 2 inches
What conditions (variables) will you control?	Length of stem, Number of paperclips
How many trials will you run?	5
What will you measure and how?	The time the whirly gig is in the air

Procedure
Include step-by-step instructions so another team could run the same procedure. Be sure to include steps for measuring and recording data in your procedure.

Step-by-step Procedure

Procedure step description	Thing(s) to be careful about	How you will be careful
Create 3 whirly gigs with different wing lengths	Keep the wing width and stem length constant	Use the template and only change the wing length
Have one person stand on a chair and drop a whirly gig	Drop each whirly gig from the same height each time	The same person should drop the whirly gig each time
Have another person use a stopwatch to time how long the whirly gig is in the air	Make sure the time is accurate	Start the stopwatch as soon as the dropper lets go; stop the watch as soon as the whirly gig hits the ground
For each whirly gig, repeat steps 1-2 five times		
Find the average of the 5 trials for each whirly gig to see which one was the slowest	Getting the average	Use a calculator

图 14.3　SMILE 软件中“我的实验”模板，为“我的计划”及“步步走”提供附加提示（详见 Kolodner et al.，2004）；并填写了实验细节。

学生花一两天的时间设计并操作实验，收集并分析数据。接下来的一天，每个小组准备一张海报，向全班展示设计方案、数据和数据分析等。在学生能力许可的范围内，要求学生以经验法则的形式提出一条建议。每组都要在“海报展示会议”（post session）上向全班展示。学生还需要了解其他小组的调查结果，这些结果可以使“气球小车”的设计更成功，他们彼此倾听并互相询问实验的过程、数据的收集和分析（与专业会议的海报展示阶段类似）。这将提供一个讨论实验设计和实验操作来龙去脉的机会。如果某小组的数据结果不理想，班级同学可建议该组重新做实验，那么刚才所述活动的循环步骤就会重复一次。

233

如果全班同学认为大部分小组的数据结果是可信的，教师就帮助学生归纳实验现象与实验结果，并提炼出“设计的经验法则”，如：“采用双层气球引擎可使小车跑得更远，因为有更大的力作用在小车上。”为了解释现象背后的原因，学生学习相关的科学知识，教师可以演示相关的科学概念。学生可以从日常生活经验中列举反映科学概念的例子，然后，重温经验法则，形成更规范、完整的表

述，如“通过双层气球引擎，气球内空气作用的力增加，同样大小的反作用力施加于小车上，就会使小车跑得更远。”

回到设计挑战：设计计划

234

调查结束后，活动返回到设计/再设计循环，各个小组将调查到的结果应用到气球动力小车的设计中。学生使用设计日志网页记录、整理设计中的各个决策，或者使用 SMILE 系统的粘贴工具帮助确定设计计划（见图 14.5）。各个组准备第二张海报——展示设计思路，列出支持其设计决策的证据，列出小车运行效果的相关预测值。这个阶段展示设计思路，列举调查证据，并作出预测，又可以称为“粘贴会议”。各组陈述完毕并思考同伴提出的问题与建议后，全班具体讨论各个组的设计构思，然后讨论下一步的操作与技能事宜，即验证、识别、采纳充分证据和进行预测。

制作与测验；分析与解析；流动展示

学生在刚才课堂讨论的基础上修改设计，然后制作并测验第一个气球动力引擎。他们使用另一个设计日志页面或者 SMILE 工具，帮助记录自己的预测、测验收集的数据以及预测是否合适，如果不合适要解释原因。

有时候由于制作的问题或对科学规律理解得不充分，可能没有一辆小车与预测的结果一致。在以小组为单位讨论现象的原因之后，全班进入流动展示（Gallery Walk）阶段。汇报小车制作和测试时发生的情况：为什么小车不按预测的方式运行，如何改进。有些学生解释得很好，而另一些学生可能尚未充分理解科学知识，需要帮助和提示。教师指导学生科学地作出解释，还可以请其他同学帮忙，然后，全班总结、讨论上述经验，修改经验法则，并分析测验成功的原因。讨论并关注学生所作的解释以及好的解释所具备的要素。

再设计：反复改进和完成

在传统课堂中，在解决方案产生和讨论后，班级进入到下一主题或项目学习阶段。而在 LBD 中，根据 CBR 的理论，学习者可以反复试验若干次。学生根据在同学帮助下发展起来的解释以及学习的新知识，来修改设计方案。他们制作、测试新的设计，向班级汇报结果，并反复讨论，逐渐获得更好的解决方案，并加深对科学知识的理解。

气球小车课程模块需要 10—12 次课，每次 45 分钟，最后，全班组织一个作品展览和一场竞赛。各种不同设计方案进行比较和竞争，以此增加对所学科学规律的理解，重温经验法则并更好地修正和解释它们。上述任务结束后，学生要讨论合作的经验、设计的过程、证据的运用等内容。在所有这些小组合作学习的基础上，每位学生撰写并上交一份实验报告。报告要包括最后方案的设计思路、合

作学习、设计、证据的运用方面的经验，等等。

从设计中学的成就评估

我们对十几个班级作了调查，将参加 LBD 的学生与对照组（有相应的老师）进行比较。比较主要从知识与能力两个方面进行：一个是以笔试方式来对课程学习前与课程学习后的所学内容进行比较评价，但更多的是采用多项选择题形式。另一个是对学生科学实践能力的评估。主要包括数据收集、活动分析、实验设计等方面。结果表明，LBD 组学生科学知识掌握得分高于或等于对照组的学生，且表现稳定。而最令我们感到自豪的是，在能力表现方面，LBD 组的学生优于对照组。所有的 LBD 班级与对照班级在能力表现方面存在显著差异。当他们参与到科学活动中时，LBD 学生能够回忆起更多所学的知识，而且在实验设计、数据收集、合作学习等方面的能力表现明显优于对照组的学生。在这些考评中，成绩混合型 LBD 班级的学生表现的却比对照班的优秀学生的表现还好（Gray et al.，2001；Kolodner，Gray & Fasse，2003）。

235

案例库资源：Archie －2 与案例应用组件

CBR 理论认为，我们可以从其他人的经验中学习。因此，在 LBD 实验中，学生在同一项目中要作若干次的陈述，（以致他们能从同伴中获得知识）以便其他人学习经验。如果把这个过程做成数据库，便可以用“案例库”的形式代替很多陈述的步骤。案例库包含相关文献、专家意见、学生学习经验等内容。案例库为学生提供了多种有价值的信息。

- **以故事的形式表达的建议**：案例库与故事类似，专家和同学的故事能够起一定作用。有价值的故事能够帮助学生理解某个情形，包含事情的结论及其形成原因，事情发生的结局，以及把所有信息联系在一起的解释说明。例如，Yello 案例库收集了大量的专家视频讲座，以帮助学习者解释销售人员所犯的错误。
- **应用概念或技能的间接经验**：人们一般要接触过若干次才可掌握某个概念或某项技能（Redmond，1992）。通过接触这种涵盖某个概念或技能的应用范围，可以使学习者了解其各种用法和其他与之相关的概念或技能，修正其适用性并完善该定义。但是学校中没有足够的时间允许学生体验所有的可能性应用。与同学分享经验，观察专家应用概念或技能解决问题的过程可从一定程度上弥补这个缺陷。例如，LBD 的“隧道”学习单元，要求学生规划地下交通隧道。学生需要了解相关地区的地质状况。他们阅读与隧道相关的案例，了解对隧道可能有影响的地理现象或事件。案例库已经在大学工

程、建筑等专业的课程中得到应用，其目的是让学生可以接触到专家的经验。Archie-2 是一个关于公共图书馆设计的专家案例库。佐治亚技术学院（Georgia Tech）在几门课程中采用了这个案例库（Domeshek & Kolodner, 1993; Zimring et al., 1995）。加州大学伯克利分校（UC Berkeley）采用案例库进行机械设计教学（Agogino & Hsi, 1994）。佐治亚技术学院在计算机科学课程中应用了 Stable 案例库（Guzdial & Kehoe, 1998），启发学生设计复杂的计算机程序。

- **领域呈现与重点问题引导**：案例库的索引系统，如果它可以用来检索的话，可看作一类先行组织者（advanced organizer）或脚手架，帮助学生思考自己的案例（Spiro et al., 1991）。例如，Archie-2 的索引系统能帮助学生理解公共图书馆设计的重要事项，图书馆空间的类型，不同读者对图书馆功能的见解。该案例库的索引系统包含了该领域的主要概念和概念关系，及重点问题的引导。这在设计和解决问题的领域中非常重要。案例库中的案例能够为设计中产生的问题提供具体的建议。
- **策略与步骤**：对某领域的新手而言，最大的问题是如何开始。许多设计理论都认为如何正确界定问题是最大的挑战（Schon, 1982）。描述某人解决问题或设计过程的案例，呈现出了从定义问题到解决问题的经验。古兹迪尔的 Stable 程序（Guzdial & Kehoe, 1998）为这种应用功能提供了一个很好的例子。

236

- **如何运用案例**：学习他人的经验时，如何将所学的知识重新应用到新的情境中，这是一项复杂的元认知活动（Silver, Branca, & Adams, 1980）。应用他人案例的案例，能够帮助学生理解专家是如何再利用案例的。案例库能够帮助学习者发展案例推理的技能，如判断某个案例是否相关、调整再利用案例，等等。案例库能够促进此类分析。在上例学生阅读隧道案例的 LBD 课堂上，一种名为案例应用组件，或 CAS（见图 14.5; Owensby & Kolodner, 2004; Kolodner et al., 2004）的工具提供了相应的帮助。

案例库的界面风格有简有繁。Archie-2 的界面包括文本、图片、图表等，与建筑师工作中采用的演示方式类似。Stable 则是为计算机专家设计的，界面完全是文本——主要是程序代码和注释。Broadcase News 与 Yello 则为视频案例库。

LBD“隧道”单元使用了文字加插图形式的案例库工具。由于用户不具有熟练的推理能力，该案例库还提供了使用指导，使学生能够在设计项目的时候解释并应用那些案例。图 14.5 是 CAS 的截图，内容是学生在 LBD 地理课上的情形。左边是学生阅读的案例；中间是问题，这些问题能帮助学习者组织阅读内容；右边则是如何回答这些问题的详细信息。

设计案例库要注意案例库的呈现形式，案例库应该能够方便一般用户理解和操作，无论其设计的目的是什么，它都能够提供学习者所需要的内容，能够帮助

学习者了解案例库中案例的范围，能够方便学习者查询合适的案例。对于难以很好地理解和应用案例的学习者，案例库工具也应当提供使用指南。

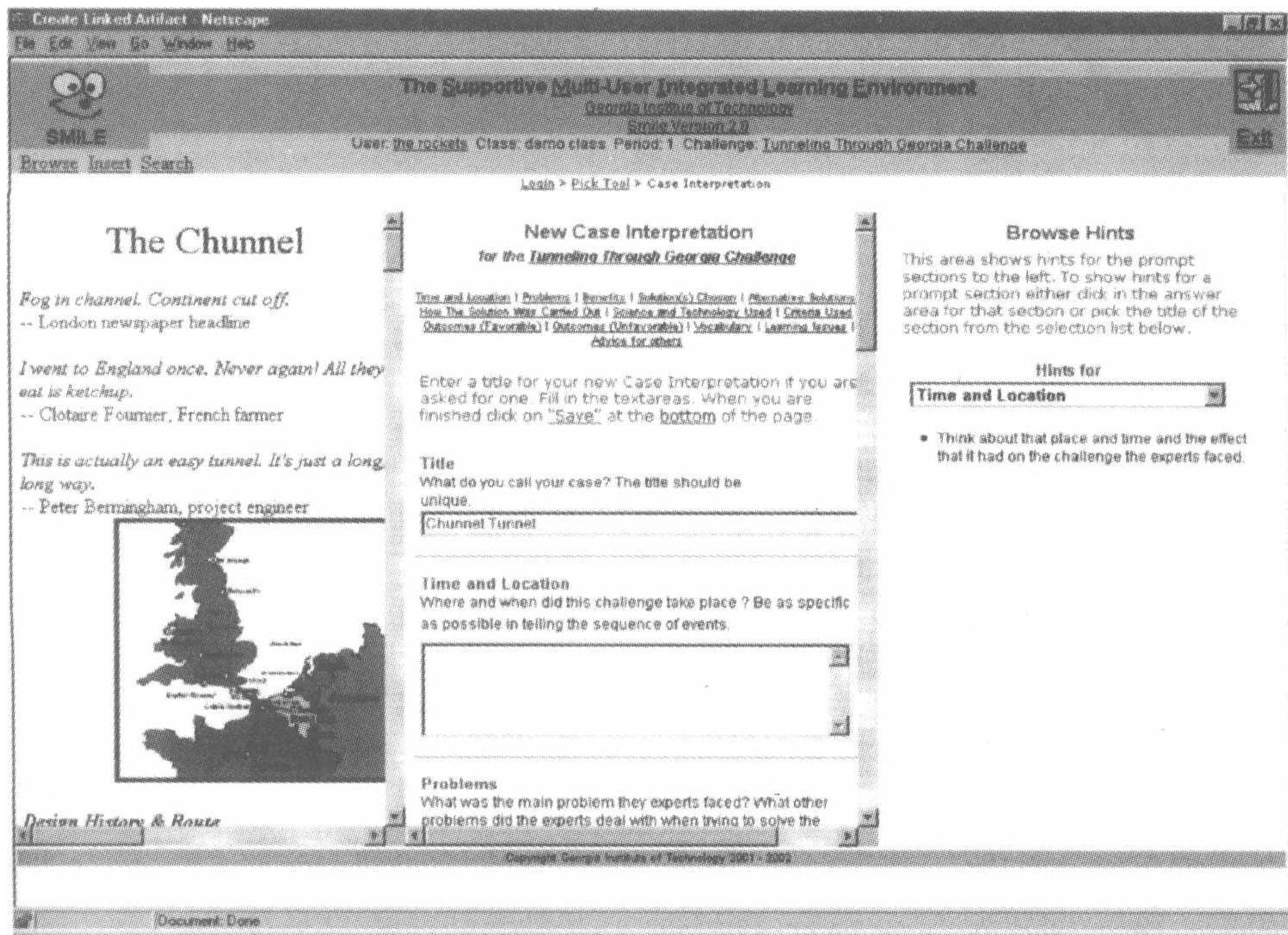


图 14.4　从 CAS 中截取的屏幕。左边是隧道案例；中间和右边提供了指南，帮助学习者阅读与选取适当的案例。

支持反思的案例编写工具：反思学习者与 SMILE

研究表明，使用案例库能促进学生的学习（如，Zimring et al.，1995）。我们发现让学生建立案例库甚至更有教育价值。它要求学生能够清楚地解释经历，用别人能够理解和使用的方式表达内容，选择方便查阅的索引方式与标记方式。建立案例库活动能激发学生解释自身及他人经验。因为他们正在创作公共作品，这个公共作品是用来帮助后来者学习的（参见 Papert，1991；Scardamalia & Bereiter，本书；Kafai，本书）。

编写案例需要反思情境，梳理复杂的线索，在各个部分之间建立起联系，连贯地组织信息，以方便用户记忆。CBR 方法产生的重要经验及其解释能够促进富有成效的学习。CBR 理论认为在任务解释中注意力越集中，学习的效果越好。把某人的经验记载下来供他人阅读，需要编者反思自己的经验，或者至少能够评价自己的经验，把最主要的部分表达出来。

237

CBR 模式下的案例编写工具应该能鼓励学习者思考以下五个问题以促进反思。第一，在解决问题、发展技能、完成设计目标的过程中他们所面对的各种问题。第二，构建各种解决方案。第三，这些解决方案所产生的效果，如果这些方案不起作用，原因何在？第四，从情境中得到的经验或者教训。第五，将来可能出现的案例应用情境。可以将案例编写的过程以适合学生学习的方式整合到学习环境中去。学生所完成的案例库，在将来可以再度利用，以帮助其他学生学习。

特尼斯（Turns et al.，1997）的反思性学习者程序是第一个案例编写工具。它帮助本科学生在基于项目的设计课程中写“学习论文”，记述设计经验，记录个人学习档案。特恩斯发现工程类学生经常抓不到要点，不了解活动设计的目的，也不能从活动中产生反思。

反思性学习者程序满足了这些学生的需求，直接提供了学习提示。CBR 提供了关于如何反思的建议及重新利用个人经验的建议。它要求学生：

- 识别并描述在当下设计阶段遇到的一个问题；
- 描述问题解决的方案；
- 238 表述从经验中学到的内容；
- 预测案例再次应用的情形。

反思学习者程序激励学生表述目标、实现的途径、难点、经验教训等。尽管它揭示的内容是简单的，但是分析表明，使用反思学习者程序的学生能够写出篇幅更长、结构更好的论文，能够取得更好的分数（Turns，1997）。

使用反思学习者程序的学生记录经验主要是为了自身的方便。在 LBD 课程中，学生用软件记录经验，目的却是帮助其他学生学习。LBD 应用了 SMILE 的格式化案例编写工具（Kolodner et al.，2004；Nagel & Kolodner，1999）。它提供了提示和其他脚手架，促进学生按照 CBR 的建议反思经历体验，编写案例供他人使用。该软件对提高学习效果是很有效的。SMILE 是一组工具，每件工具均能在项目探索活动中促进学生产生一类特别的经验。有两件工具帮助学生记录设计与操作实验中的经验，其中一件工具帮助学生记录设计解决方案中的经验，另一件帮助学生记录操作进程中的经验。尽管每件工具都有不同的提示，但都让学生反思自己的目标、解决方案、方案的实施效果、学到了什么以及所学何时有用。

图 14.5 和 14.6 展示了其中两件工具。截图左边是通用的功能结构，可以记录学生获得的各种不同类型的经验，右边提供线索、例子和模板，帮助学生

239 完成各种任务。各个模板提示学习者记录下他们要汇报的任务。CBR 认为分析个人经验的目的是为了把片段的信息联系起来，识别能促进良好学习产生的因素。

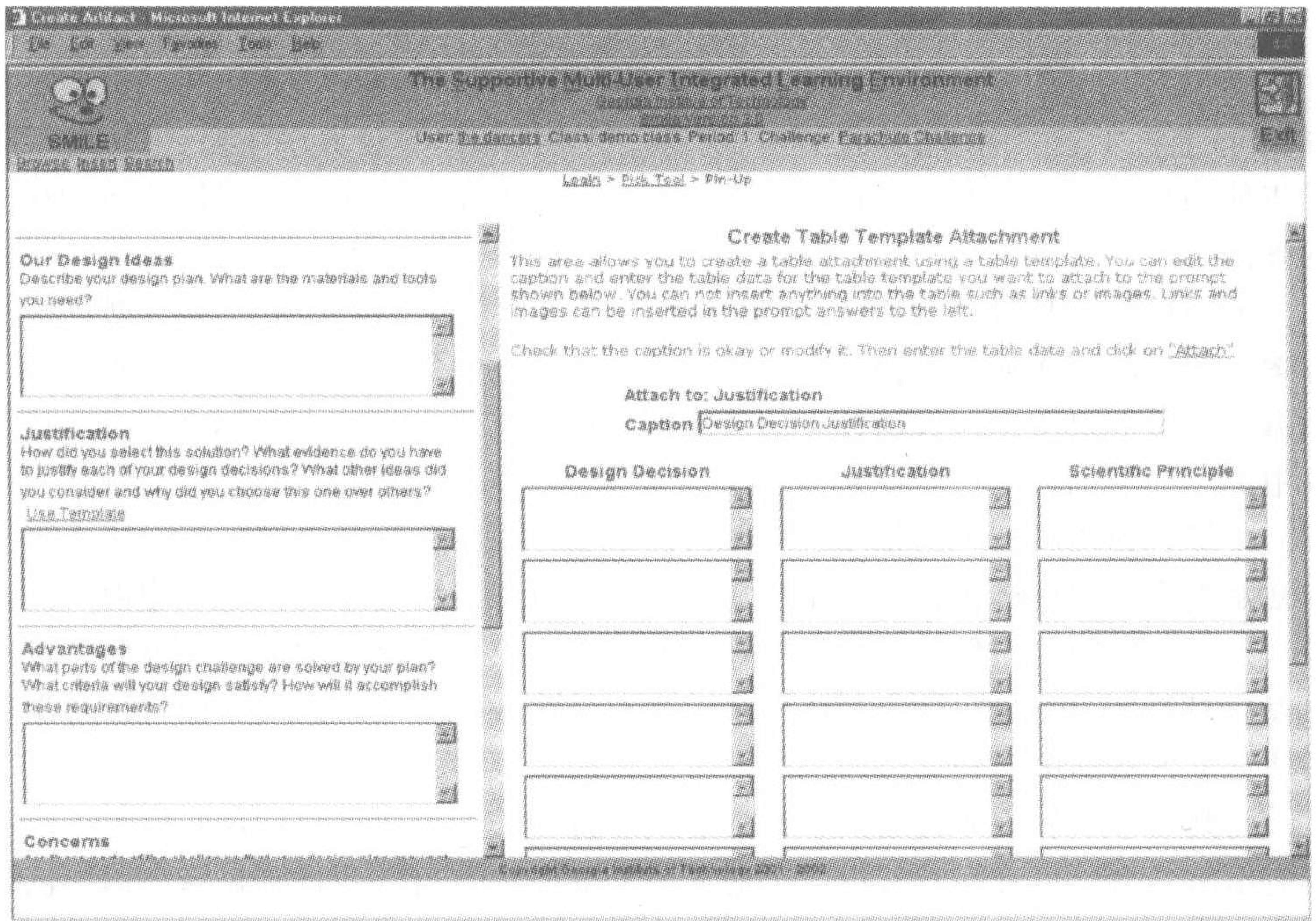


图 14.5　使用展示软件设计计划

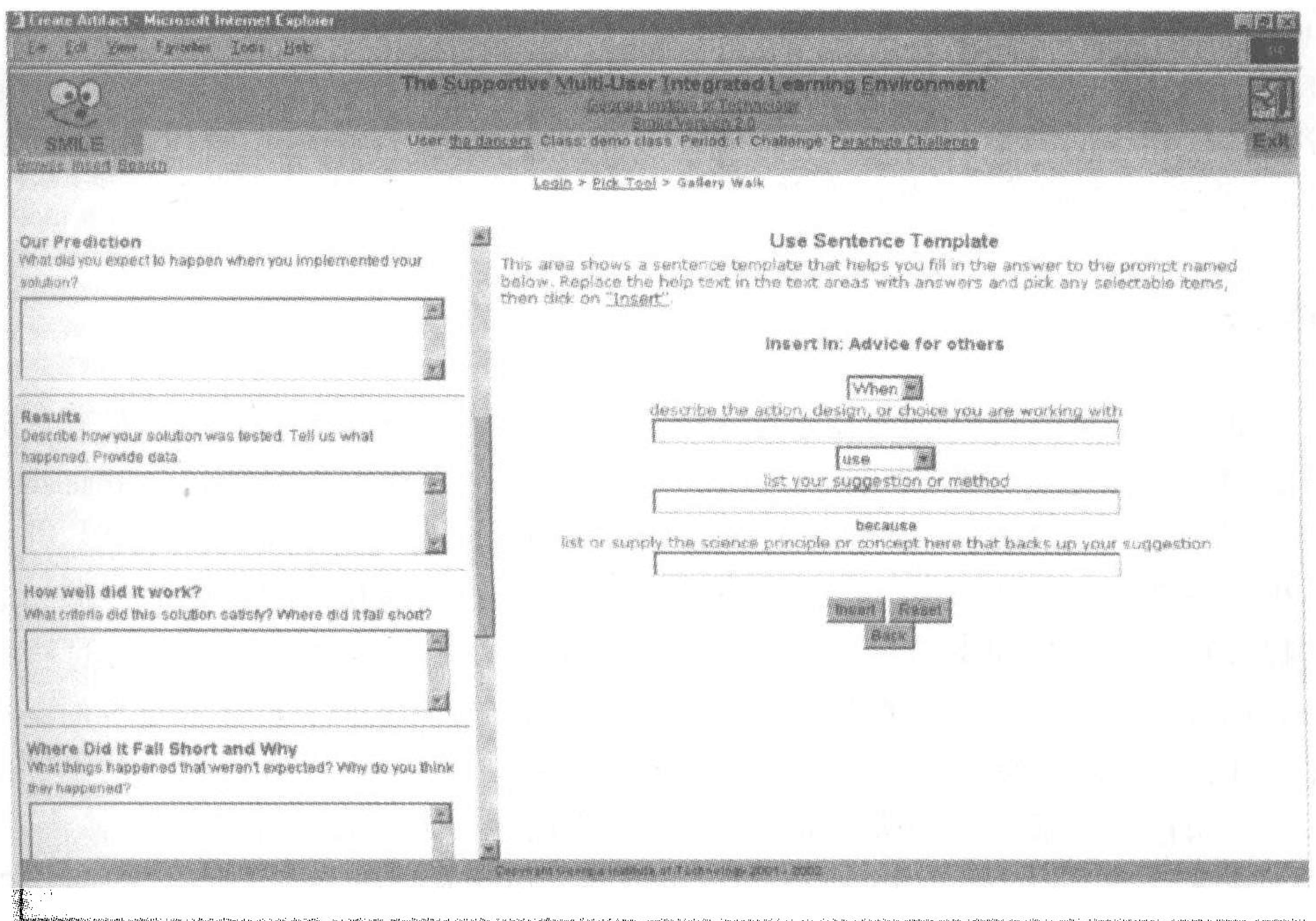


图 14.6　流动展示工具

例如，粘贴工具（图 14.5）帮助学生利用调查结果设计最佳解决方案。学生梳理设计角色信息，并佐以证据。这些证据来自于刚做过的实验、经验法则、科学原理等内容。SMILE 提供了模板，把设计决策联系起来，并配合验证信息。学生使用粘贴工具列举项目进程中的各项决策，验证各个决策，引用相应的科学原理。

流动展示工具（图 14.6）为学生反思经验搭建脚手架，帮助学生制订解决方案，为同伴制作演示文档。在一个方案构建和测试完毕后，使用该工具。学生根据在展示会议中汇报过的设计决策来制订解决方案。但这些方案大多不能像想象中的那样准确地运作。在初步设想试验过后，该工具能够帮助学生回顾他们所作的决策，说明所发生的偏差，并解释为什么与设想的结果不同。流动展示工具和粘贴工具之间有链接，因而学生分析结果时可以看到先前的决定和理由。流动展示工具按时间顺序保存了决策的过程及原因，形成了完整的文档。因此，可以在以后对整个设计过程作出整体性的反思，并形成一个新的案例，供将来的学生在项目学习活动中遇到类似的问题时参考使用。

240

在某个小组发表调查结果、设计思路、设计经验等内容后，这些内容可以供其他小组参考。尽管阅读其他小组的案例能够提供思路，并且有解释文档提供帮助，但是他们不一定能够完整地理解案例中记录的内容，也不一定会表示同意。因此，每次一个学生在 SMILE 中创建一个案例的时候，案例以窗口的形式显示在左边，右边则是评论。正如知识论坛（Scardamalia & Bereiter，本书）一样，系统的这部分提供了思维脚手架：（1）能够帮助学生区分新旧话题；（2）指导学生如何作不同类型的评论——用“称赞”、“质疑”、“建议”等发表新评论，用“回复”、“质疑”、“建议”等跟帖。

结论

如何使技能操作型的学习更加有效？基于 CBR 的研究为此提供了很好的建议：（1）它给学生反复应用所学知识提供了机会——获得学习进程中的真实反馈，帮助学生理解意料之外的现象，给学生提供不断尝试直至成功的机会，并使学生充分理解所学的知识。（2）它能促进学生参加讨论并反思自己的经验，总结提炼自己的操作和学习体验，并清晰地向他人表述。CBR 提供了学习过程中的有用**资源**——索引清晰的专家案例库和包含同伴经验教训、设计思路等的案例库，在任何学习环境中都能提供促进学习的**活动**，比如编写与他人共享的案例的活动、阅读专家案例的活动、做一些其他同学向他们学习的准备活动。

在课堂教学中应用 CBR 取得了一些进展，但是从认知理论到课堂实践仍然有很长的路要走。例如，CBR 对合作的探讨仍然略显不足，目前局限在个体心理的层面。但 LBD 成功的一个重要因素是小组间经验的分享。为了更好地定义

CBR 学习理论，有必要将社会知识建构理论（social construction of knowledge）（参见 Scardamalia & Bereiter，本书；Greeno，本书）引入到 CBR 框架中，使该理论更完善（Kolodner, Crismond et al., 2003）。

建立成熟的学习理论是学习环境设计与教育软件设计的先决条件。但是经验告诉我，成熟的理论只是从理论到实践这一长期过程中必要的第一步。把理论简单地“应用”到课堂上是行不通的，因为我们无法预见到学习情境中的全部的有利因素与不利因素。任何一种理论都没有能够成熟到有充分的预见性。因此，我们仍有必要以理论为基础，认真设计学习环境与教学软件，记录我们设计决策的每个过程。在所应用的学习环境中利用设计研究方法（Barab，本书）反复测试设计方案。上述方法在设计任何一套计算机学习系统及其教学新方法上都是很重要的。我们期待其他同仁在其设计研究中应用 CBR 理论时有新的发现；我们希望了解到更多的新工具与新的学习设计；我们也期待同仁们有新的理论贡献，期待本章中论述的理论能够促进更多的学校提高教学效果。

参考文献

Agogino, A., & Hsi, S. (1994). The impact and instructional benefit of using multimedia case studies to teach engineering Design, *Journal of Educational Hypermedia and Multimedia*, 3 (3/4), 351-376.

Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26 (3 & 4), 369-398.

Domeshek, E., and Kolodner, J. L. (1993). Using the points of large cases. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* (*AIEDAM*), 7 (2), 87-96.

Gray, J., Camp, P., Holbrook, J., Fasse, B., & Kolodner, J. L. (2001). Science talk as a way to assess student transfer and learning: Implications for formative assessment. http://www.cc.gatech.edu/projects/lbd/pubtopic.html.

Guzdial, M., & Kehoe, C. (1998). Apprenticeship-based learning environments: A principled approach to providing software-realized scaffolding through hypermedia. *Journal of Interactive Learning Research*, 9 (3/4), 289-336.

Hammond, K. J. (1989) *Case-based planning: Viewing planning as a memory task.* Boston: Academic Press.

Kolodner, J. L. (1983a). Maintaining organization in a dynamic long-term memory. *Cognitive Science*, 7 (4), 243-280.

Kolodner, J. L. (1983b). Reconstructive memory: A computer model. *Cognitive Science*, 7 (4), 281-328.

Kolodner, J. (1993). *Case Based Reasoning.* San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers.

Kolodner, Janet L. (1997). Educational implications of analogy: A view from Case-Based Reason-

ing. American Psychologist, 52 (1), 57 - 66.

Kolodner, J. L., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntembakar, S. (2003). Problem-based learning meets Case-Based Reasoning in the middle-school science classroom: Putting Learning-by-Design™ into practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12 (4).

Kolodner, J. L., Gray, J., & Fasse, B. B. (2003). Promoting transfer through Case-Based Reasoning: Rituals and practices in Learning by Design™ Classrooms. *Cognitive Science Quarterly*, 3, 183 - 232.

Kolodner, J. L., Owensby, J. N., & Guzdial, M. (2004). Case-based learning aids. In Jonassen, D. H. (Ed.) *Handbook of research for educational communications and technology* (2nd Ed.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 829 - 861.

Kolodner, J. L., & Simpson, R. L. (1989). The MEDIATOR: Analysis of an early case-based problem solver. *Cognitive Science*, 13 (4), 507 - 549.

Nagel, K., & Kolodner, J. L. (1999). SMILE: Supportive Multi-User Interactive Learning Environment http://www.cc.gatech.edu/projects/lbd/pubtopic.html.#software.

Owensby, J. N., & Kolodner, J. L. (2004). Case interpretation and application in support of scientific reasoning. In K. D. Forbus, D. Genter and T. Regier (Eds.), *Proceedings of the 26th annual conference of the cognitive science society* (pp. 1065 - 1070). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Papert, S. (1991). Situating constructionism. In I. Harel & S. Papert (Eds.), *Constructionism* (pp. 1 - 11). Norwood, NJ: Ablex Publishing Company.

Puntambekar, S., & Kolodner, J. L. (2004). Toward implementing distributed scaffolding: Helping students learn science from design. *Journal of Research on Science Teaching*, 42 (2), 185 - 217.

Redmond, M. (1992). *Learning by Observing and Understanding Expert Problem Solving.* Unpublished Ph. D. dissertation, College of Computing, Georgia Institute of Technology.

Schank, R. C. (1982). *Dynamic memory.* New York: Cambridge University Press.

Schank, R. C. (1999). *Dynamic memory revisited.* New York: Cambridge University Press.

Schank, R. C., & Abelson, R. L. (1977). *Scripts, plans, goals, and understanding.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Schank, R. C., & Cleary, C. (1994). *Engines for education.* Lawrence Erlbaum Associates. http://www.ils.nwu.edu/ ~ e_for_e.

Schank, R. C., Fano, A., Bell, B., & Jona, M. (1994). The design of goal-based scenarios. *Journal of the Learning Sciences*, 3 (4), 305 - 346.

Schon, D. A. (1982). *The reflective practitioner: How professionals think in action.* New York: Basic Books.

Silver, E. A., Branca, N. A., & Adams, V. M. (1980). Metacognition: The missing link in problem solving? In R. Karplus (Ed.), *Proceedings of the Fourth International Conference for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 213 - 222). Berkeley: University of California.

Spiro, R. J., Feltovich, P. J., Jacobson, M. J., & Coulson, R. L. (1991). Cognitive flexibility,

constructivism, and hypertext: Random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. *Educational Technology*, 31 (5), 24 - 33.

Turns, J. (1997). *Learning Essays and the Reflective Learner: Supporting Assessment in Engineering Design Education*. Unpublished Ph. D. dissertation. School of Industrial and Systems Engineering. Georgia Institute of Technology.

Turns, J. A., Newstetter, W., Allen, J. K., & Mistree, F. (1997, June). The reflective learner: Supporting the writing of learning essays that support the learning of engineering design through experience, *Proceedings of the 1997 American Society of Engineering Educators Conference*. Milwaukee, WI.

Zimring, C. M., Do, E, Domeshek, E. and Kolodner, J. (1995) Supporting case-study use in design education: A computational case-based design aid for architecture. In J. P. Mohsen, ed., *Computing in engineering: Proceedings of the second congress* (pp. 1635 - 1642). New York: American Society of Civil Engineers.

第15章

243

学与教的知识整合视角

马西娅·C. 林

知识整合视角（The knowledge integration perspective）是从以下研究中发展而来的：对学生带到科学课堂上的科学现象概念的研究，改进科学教学的设计研究（design study），以及对学生在过去数周、数月甚至数年中的学习所作的纵向研究。这些研究强调学生应尽力解决科学现象观点的多样性、冲突性以及含糊性等问题。他们认为学习者有以下特征：不断发展观点的个人构念积储，从教学、经验或社会交往中学习新观点，在各种境脉中整理这些思想观点，在分析的多个层面上将观点联系起来，发展越来越有细微差别的标准来评价观点，并形成一系列与现象相互关联的看法。

知识整合视角利用学生个体以及群体所持有的各种观点促进科学学习，它综合了科学学习和教学的最新研究成果，形成了一套用于促进内在理解的设计模式，以及一些用于指导建立个性化模式的原则。本章介绍知识整合的过程及其在最近研究项目中的应用，它为希望促进终身科学学习的研究者和课程设计者提供了指导。

学习与知识整合

我和我的同事们进行了40多项案例研究，研究对象是正在学习热力学的中学生（Clark & Linn，2003；Linn & Hsi，2000）。这些研究阐明了典型的知识整合过程。我们发现，学生对他们正在学的每一个概念，以及概念之间的联系都会产生观点的个人构念积储。**“观点”**（idea）这个词是指学习者所持有的意见、看法。例如，学生说出有关热的各种各样的看法（Clark & Linn，2003；Linn & Hsi，2000）。他们的观点基于以下方式得出：自己的经验（在室温下金属摸上

244

去比木块冷）、口语化的语言（热度和温度混用）、类比（热量是一种可以被吸收的物质）、与有关空气的观点的联系（空气可以传递热，也可以阻碍热流）、学习境脉（学生在教室里只能体会到热流，而在家里则能体会到热流、冷流甚

至温度的变化）或是因果关系（相同的热度使物体有相同的温度）。

这些案例研究表明学生形成了个人的构念积储，同时也遇到了一些类似的新观点。这些观点可以来自其他同学，也可以是课程材料中所介绍的、老师描述的观点。学生形成短暂或持久的观点，一致或冲突的观点，并报告通过因果推论、观察、直觉、类推、数学计算、抽象或经验推理得出的观点。个人构念积储包括分析的多个层面的观点、许多学生都持有的观点、与特定境脉相关的独特的观点。这些案例研究及其他一些研究表明，学生产生的观点与以下内容相关：科学主题、调查研究方法、科学和科学家的特点以及他们自己的科学学习（见表 15.1）。通过观察课堂里的科学讨论，我们发现了学生如何应用证据来整理、比较、分析和评论他们所持有的以及遇到的新观点。例如，许多学生认为金属块比木块冷是因为金属块在室温条件下摸上去更冷（Linn & Hsi，2000）。当被问到理由时，有的学生回答：金属有传递冷的性质。但是温度计显示金属块与木块温度相同，这个证据就激发学生重新解释对物体的感觉。他们也许认为空气影响了测量结果，或者认为物体都有各自的温度，就像人类、兔子和海龟都有各自的体温一样。有些学生指出，炉子、冰箱和桌子也有不同的温度，这就降低了温度计作为证据来源的可信度。有些学生注意到温度计的读数有细微的差别，并以此作为证据来支持两个物体有不同温度的观点。还有些学生试图通过对比手的温度来理解标准答案所说的物体达到了相同的温度。学生们总是认为加热和冷却是两个单独的过程。他们对保温瓶知道何时冷却何时加热感到惊讶，认为某些材料起到了隔热的作用。当问到在野餐时，羊毛衫和铝箔纸哪个更适合用来保存冰淇淋时，即使内行的科学家也会产生不合常规的观点（Lewis & Linn，1994）。

表 15.1 学生观点的种类。在对学生学习的研究中，学生观点呈现出四类。对于与大部分科学主题相关的各类观点，学生持有多样的看法。他们在各类观点中以及观点之间把这些看法联系起来。在特定的境脉里，各类观点间的界限也许是模糊的。

观点的种类	来源与实例	证　据
关于学科现象的观点	学生形成有关力、原子、热、温度和 DNA 等概念的各种看法。他们口语化地应用术语，如模式、进化、生殖、催化剂和契约。他们通过在特定境脉、辩论中的经验来辨别意义，例如，在科学课堂上物体保持运动，但在操场上物体却保持静止。他们可以增加一些看法，这些看法来自于同伴、家庭，甚至是广告之类的大众信息。	冯特与杜特（Pfundt & Duit，1991）已经编纂了一部范围很广的参考书目，它是关于科学的直觉观点（intuitive ideas）的研究，并按学科编排。大量的主题研究描述了相同个体具有的各式各样的观点，如热度和温度（Linn & Hsi，2000），浮力（Howe et al.，2000），以及力（diSessa et al.，2004）。

续表

观点的种类	来源与实例	证　据
关于科学调查的观点	学生在正式或非正式的环境中形成关于科学调查的概念——怎样研究一个主题、辨别证据和假设、形成论点论据、传达给听众、解释发现并确立一个研究问题。他们可能会控制斜坡上小车的变量，混淆关于蛋糕成分的实验。学生们可以概括出控制实验的作用并得出这样的结论：科学家不能揭示恐龙灭绝的原因，因为你“不能改变条件”。	学生有关调查研究的观点常常会被学科主题改变（diSessa，2000；Metz，2000）。大部分学生能设计出公平的赛跑规则，但会混淆不熟悉的实验变量（Linn & Hsi，2000）。过分强调处方式的科研方法会打消学生从事与科学相关的职业（AAUW，2000）以及理解科学本质的念头（Millar & Driver，1987；Osborne & Young，1998）。
关于科学和科学家的特点的观点	学生形成关于这些问题的观点：科学是怎样发展的，科学家是怎样得出有效结论的，科学家是怎样选择主题进行研究的，以及实验室是怎样运作的。学生对科学的本质的认识常常是很贫乏的——他们认为科学是现成的，科学家们大部分时间意见是不一致的，所有争论都靠实证的实验来解决，或所有调查研究的结果都是正确的。	关于科学本质的观点与科学学习相互作用（Bell & Linn，2002；diSessa，Elby，& Hammer；2002）。如果学生认可科学是现成的这种观点，他们就会抑制自己理解科学的努力——而更愿意记住正确答案（Songer & Linn，1992）。
关于学生自己的科学学习本质的观点	学生形成关于这些问题的观点：怎样监控进展、记忆的重要性、在科学中谁是受欢迎的以及怎样配置个人资源。他们经常表现得像是个认知经济学家，将最少的精力分配在学习上。学生认为记忆比理解更经济实惠，科学课本上的都是正确的，这些学生在探究科学课程中的表现不如那些理解科学的学生（Linn & Hsi，2000）。	学生监控自我学习进展并明智地分配精力的能力有助于科学学习的成功（Bjork，1999；Chi，1996）。学生认为“谁能够学好科学”的信念会影响参与和坚持科学学习的决定（AAUW，2000；Crouch & Mazur，2001）和在高风险测验中的表现（Steele，1999）。

学生表达不确定性的形式多种多样，他们不确定哪个场合应该应用哪些观点，这就表明他们正在努力解决个人构念积储的问题。当被问到略微不同的境脉和情形时，他们会改变自己的答案。他们应用新的观点回应和反驳这些建议。当没有思路或不能协调可选的方法时，他们会回答“我不知道”。

知识整合的轨迹

我和斯（Linn & Hsi，2000）总结了学生阐明和改进个人构念积储的轨迹（trajectory）。在一个历时五年的纵向研究中，我们关注学生有关科学现象、科学调查、科学和科学家的特点以及学生自己的科学学习是如何促成他们整合观点的。我们归纳出四种典型的轨迹，它们可以指导设计教学。

对一个给定的主题，有些学生遵循**“概念化”**（conceptualizing）的轨迹。最初，他们对一个现象有一些宽泛的看法，但很快就形成规范的观点并采用类似“热流”的抽象概念。这些学生有时会引用证据来解释为什么不自觉地产生一些不合常规的想法，但他们却经常忽视日常生活中的例子，这些例子是他们最初看法（original view）的来源。为了与大多数教科书描写的科学相一致，这些学生很快就接受了普遍的原则。当这些学生在课堂讨论中占据优势时，很容易让老师误认为全班学生的想法和他们一样。 245

有些学生遵循**“实验化”**（experimenting）的轨迹，最初他们有大量的观点，然后探索新观点，在各种境脉下检验他们的观点，并有规律地按优先级重组这些观点。这些学生将规范的和不规范的观点同时加以考虑，能很快地归纳出某个境脉下的观点并解释另一个境脉中观察到的现象。他们经常对日常生活中的科学现象形成独特而深刻的见解。例如，林和斯（Linn & Hsi，2000）记录了一个这样的实验者，他先将毛衣、毯子和围巾的孔的大小与材料的绝缘效果进行类比。最初，学生把这些孔比喻成一扇可让热量散发出去的门。之后，学生又将小孔和气泡进行类比，并把气泡描述成是由静止的空气组成。气泡的类比促使学生与规范化的观点建立联系并继续理解日常生活中的经历。 246

有些学生遵循**“策略化”**（strategizing）的轨迹。他们严格地区分学校境脉和其他境脉，并设法以最少的努力获得成功。他们反对把学校课堂里的看法和日常生活中的看法联系起来，并把科学看成是从权威人士那里收集来的事实。策略化的学生认为科学涉及的是解决测验中的问题。例如，林和斯（Linn & Hsi，2000）描述过一个这样的学生，他在初中的学习是依赖记忆的，他认为这种方式是有效的。到了高中进行反思时，他意识到理解的长处，尽管如此，这个学生还是不愿在理解上下工夫，坚持认为那些化学中的热现象与初中物理课上的热现象毫无关系。

还有些学生遵循**“境脉化”**（contextualize）的轨迹。他们愿意将孤立的观点放到具体的境脉中，而不探究观点间的联系。因为缺乏可选择的标准，他们经常说自己在访谈中很难得到答案。他们通过区分情境、讨论来有规律地解释潜在的难题。例如，加热和冷却是不同的过程，或者物体在烤箱里达到自身的温度。

这些轨迹阐明了学生用来掌握不同观点的过程。在每个轨迹中，学生都将注意力集中在观点的子集里。概念化者关注抽象、规范的观点，实验化者把注意力放在能引起兴趣的境脉上，策略化者学习教科书上的观点，而境脉化者把每个境脉都看成是独特的。这些纵向研究找到了加强教学的着力点，可以使学生学会调解自己的观点（Linn，Davis，& Bell，2004）。

个人构念积储的根源和支撑

强调个人构念积储是有其根源的，这与我在日内瓦与皮亚杰一起工作的经历有关。皮亚杰对结构主义（structuralism）的描述吸引了我，但他所描述的从具体推理到形式推理的转变与年龄有关（Piaget，1970），让我感到很困惑。当我在每周的研讨会上听皮亚杰解释实验发现时，我开始怀疑各个阶段的分界线。我和艾丽娜·泽明斯卡（Alina Szeminska）去学校参观访问并聆听学生如何努力探索复杂问题，例如预测弹球在曲线轨迹上的运动路径。学生非常惊讶于弹球会脱离轨迹，然后泽明斯卡就熟练地说出了对这种现象的多种解释。这些经历让我开始关注学生观点的丰富性。

从日内瓦回来之后，我研究了青少年在多种境脉下的推理（Linn，Clement，& Pulos，1983）。我访谈了一些学生，问他们传统的物理问题，如平衡木、钟摆和曲棍问题，以及日常生活中用到类似逻辑的问题，如比较广告专刊、确定影响植物生长的因素或是设计公平的竞走。学生在访谈中的回答验证了我在日内瓦的经验：学生对同一个问题有各式各样的答案；学生经常用熟练的逻辑来理解多样的、不规范的结论，而用不熟练的逻辑推理来理解标准的结论；他们把具体的观点和抽象的论据结合起来；与那些不熟悉的物理问题相比，学生对日常生活问题的变量很熟悉，他们可以给出更完整的解释。

247

最近的研究巩固了知识整合视角所强调的个人构念积储。豪等人（Howe et al. 2000）调查了大学预科班学生对科学现象的理解，如浮力、热传递、运动和力学。他们指出，例如关于浮力，一群学生会产生200多个截然不同的观点，并且每个人都持有5—15个观点。即使持有相同观点的学生，他们证明观点的方法也往往不同。梅茨（Metz，2000）研究了小学以上的学生对生物行为的调查。梅茨确定出20多个变量，这些变量都是学生提到的，如不精确的测量、人工实验条件、顺序的影响、条件的排列、特殊的行为，等等。她发现相同年龄段学生的观点比较相似，并且这些观点反映了对境脉的理解。迪塞萨（diSessa，Elby，& Hammer，2002）分析了对7名大学物理系学生的访谈，结果表明其科学知识是零散的。西格勒（Siegler，1996）分析了对数学、生物、阅读、记忆和物理的研究，研究表明在同样的访谈里，学生表达了多样的观点。

这些研究项目指出，学生应发展一个个人构念积储，它包括合理可靠的、相对立的、易混淆的、特殊的、武断的以及证据不足的观点。这种让学生证明和组织自己观点的方式揭示了他们的科学认识论、学习信念以及对科学家的看法。许多学生结合各种证据：权威人士对现象的解释、自己做的实验以及有说服力的信息，认为自己对科学主张持有多重准则。大部分学生缺乏辨别观点或评价观点内在联系的标准。教学与知识整合的研究就是试图利用各个观点的变化，同时鼓励学生整理自己的观点并形成标准，以使学生能形成对科学现象（包括学生所掌握的各种观点的变化的联系）的连贯描述。

教学和知识整合

最初对知识整合教学的研究通过使学生形成对学科更连贯的认识，来促进部分学生在科学和工程学上的成功（Linn，1995）。课堂观察和访谈表明，那些努力学习介绍性的大学课程的学生通常认为自己可以解决问题，而不会遇到死胡同或走错路。我和克兰西（Linn & Clancy，1992）创设了案例学习，并应用到大学计算机科学课程中。应用案例学习的教学强调从各种可选的复杂问题的解决方案中进行选择，阐明程序设计的过程。我们观察研究了这些案例学习的应用情况，总结出四条原则来描述这种教学法促进知识整合的方式。第一，案例学习**使计算机科学易于理解**，它要求学生将各种解决方案和与个人相关的复杂问题（如为搜索记录编目录或给铁路部门设计订票系统）进行比较。第二，案例学习有助于**程序设计者的思想可视化**：阐明错误的路线、错误的推理形式，并比较各种可选的设计方案。第三，因为要求学生在课堂中讨论个人构念积储，案例学习的应用**使学生能够互相学习**。在讨论过程中，学生回应同伴们提出的可选设计，形成个人的设计标准，并让别人更容易理解自己的方案。第四，案例学习的应用可**促进终身学习**，它促使学生反思各种可供选择的解决方案，监控自己的进展，形成个人的习惯（包括整理观点）。学生通过评论各种可选的方法，形成辨别解决方案的标准；通过反思进展，形成对计算机科学有条理的理解。知识整合的评价可以培养学生比较解决方案、检验潜在联系和解决新奇复杂问题的能力，这些都体现了内在的理解。

248

克兰西（Clancy et al.，2003；Linn & Clancy，1992）通过比较在教学中部分使用和完全使用案例学习的情况来评价案例学习中各要素的效果。全程案例学习比那些不进行讲解直接编写代码或仅叙述而不用反思笔记的方法更有效。克兰西发现，在修改程序的课程中案例学习提高了所有学生的学习成绩，它还缩小了男女生之间学习成绩的差距。案例学习成为许多大学课程的一部分，并且所有学生必须参加大学预修课程（Advanced Placement）中计算机科学课程和考试。

研究者试图提高一门大学本科生绘画交流课程的效果。这门课程建立在以上研究成果之上，并以上述四条原则为指南设计课程（Linn，1995）。例如，为了使图形设计更易于理解，课程增加了3D可视化工具，帮助学生应用二维的表示方式来理解三维的问题（见图15.1）。这个修改后的课程提高了学生创作和理解用图示呈现信息的能力，同时也缩小了男女生之间学习成绩的差距（Linn，1995）。

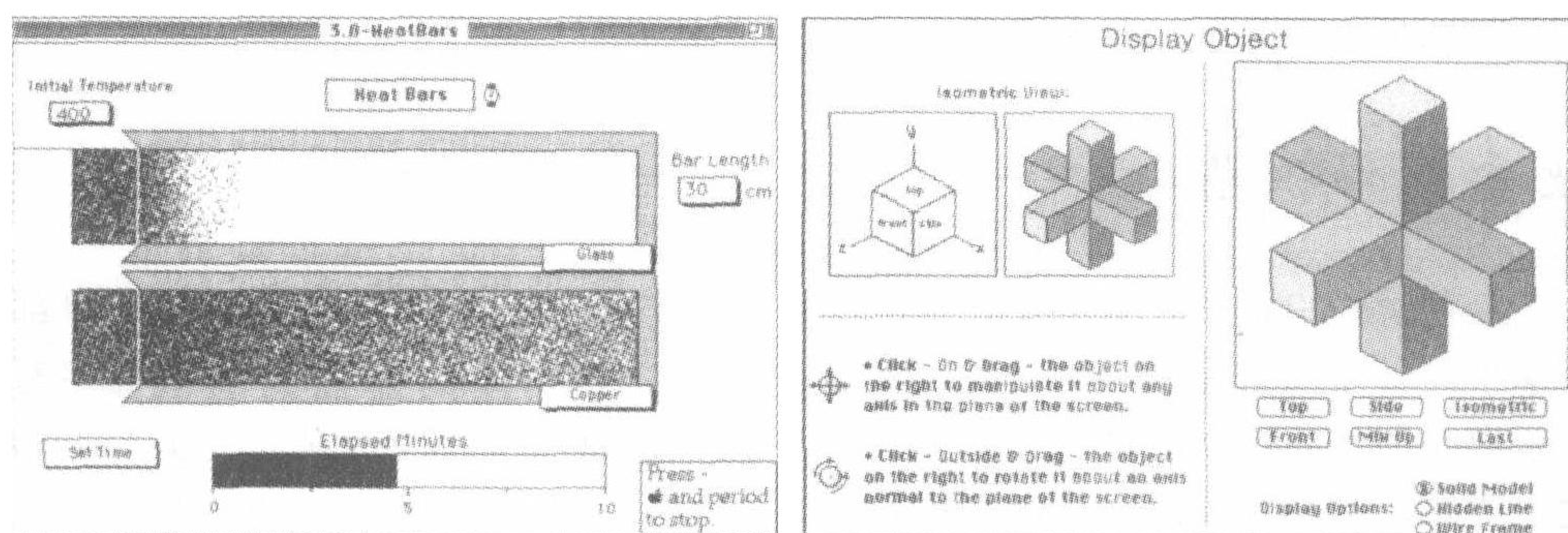


图15.1 关键案例。本图展示了过去研究中关键案例的例子。在"热吧"（Heat Bars）（http://clp.berkeley.edu/CLP/pages/S_hbdemo.htm），学生用交互式动画片探究不同材料中的热流速率（the rate of heat flow）。在"显示对象"（Display Object）（http://best.me.berkeley.edu/~aagogino/fie95/FIE95.4a2.1.agogino.html），学生用交互式建构动画探究三维物体的不同图像。

计算机作为学习伙伴（Computer as Learning Partner）的研究项目在初中热力学课程中经过反复迭代设计、分析和修改，检验并改进了这四条原则。应用这些原则指导了八次课程修改，而且每次修改后都用来教一批新学生，每批大概300名。这些修改使学生在理解的连贯性方面提高了400%（Linn & Hsi，2000）。为了更易于理解科学，这些修改强调日常生活问题，如设计一个容器使野餐食物保鲜。有一部名为热吧（heat bars）的动画中用图片解说不同材料中的相对热流速率，从而帮助学生把热平衡和绝缘这种看似不相关的观点联系起来（见图15.1）。增加对实验研究的预测可以帮助学生反思自己的观点。对热力学教学的研究使知识整合视角的四条主要原则更清晰，并产生了详细说明这四条原则的证据（Linn & Hsi，2000）。

249

技术增强的学习环境与知识整合

由研究者、学校教师和技术人员合作设计的"基于网络的科学探究环境"（Web-based Inquiry Science Environment，WISE），用更多的主题、教师和学习境

脉来检验知识整合的原则（Linn，Davis，& Bell，2004）。WISE 这一技术增强的(technology-enhanced）学习环境（见图 15.2）使学习者能迅速地撰写新的活动方案，用嵌入式评价证明学生的学习，以及在同一个班里设计改变教学要素(如提示反思）的有效的比较研究（Linn，Clark，& Slotta，2003）。WISE 引导学生应用探究地图获得活动的顺序，并使老师有更多的时间解决自己遇到的挑战和难题。研究者已设计并测试超过 25 个 WISE 方案供各地的老师免费使用（见 http://WISE. Berkeley. edu）。

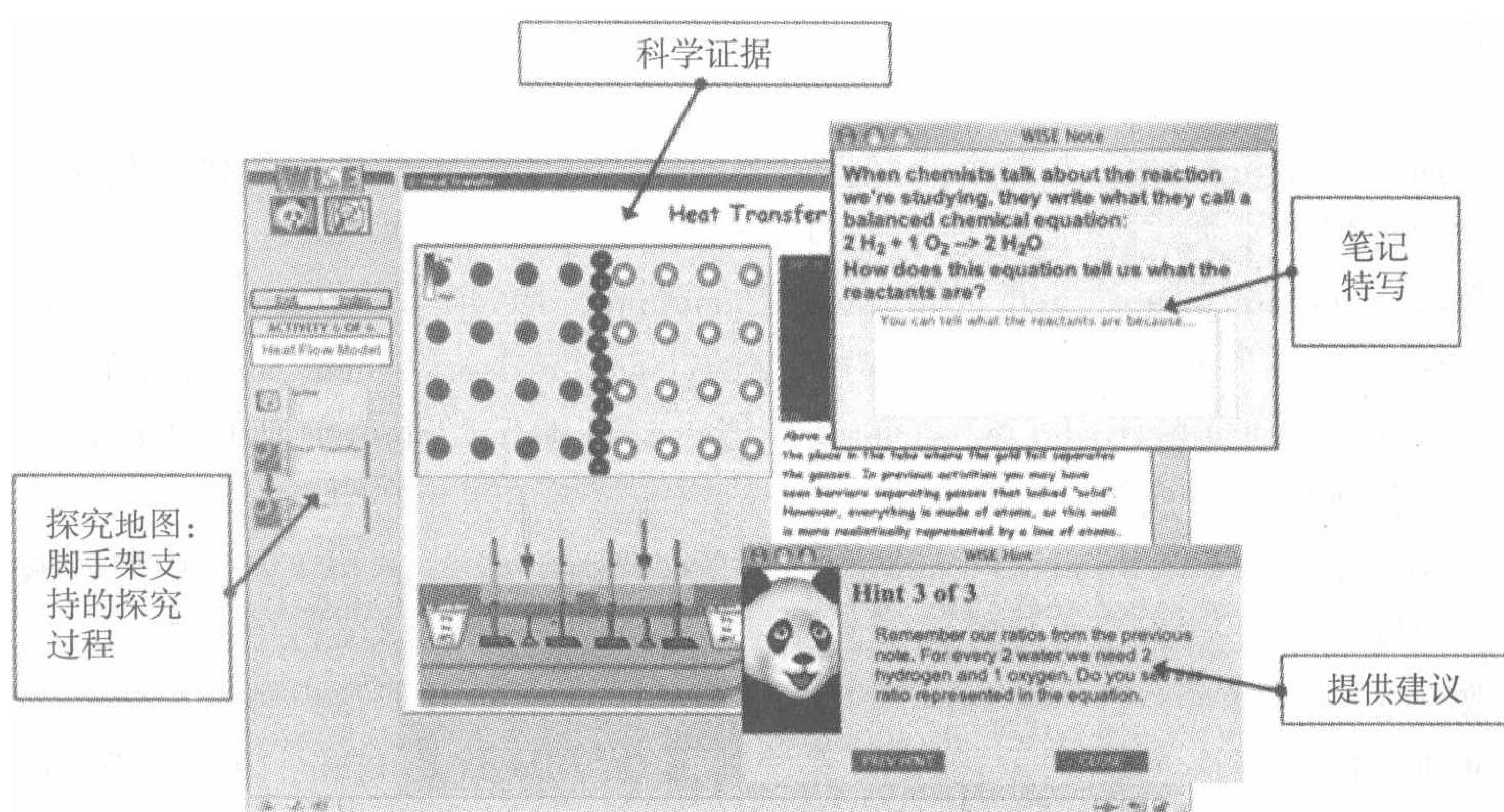


图 15.2　基于网络的科学探究环境（WISE）特写。WISE 具有支持作者、教师和改进知识整合的特征（例如，反思笔记、辩论建构工具、概念图、小组发现和进行预测并获得反馈)。这个截屏来自一个化学反应（Chemical Reactions）项目。

WISE 研究吸收了设计研究方法论的长处（Barab，本书；Design-Based Research Collective，2003；Linn，Davis，& Bell，2004）。设计者可通过反复改进(Iterative refinement）研究和比较研究，获得设计的知识，再整合应用到设计原则和模型中。这些研究应用知识整合评价可以使学生展示他们观点的构念积储以及观点间的联系；而传统的那些建立在高风险测验基础上的多项选择题一般因缺乏教学灵敏度而难于促进知识整合（Clark & Linn，2003）。应用嵌入到教学中的思考题定期记录知识整合进展，并帮助伙伴确定他们设计方案的优缺点。论述题让学生引用证据、阐明论点论据，这可以给学生提供展示知识整合进展的机会。 250

使用 WISE 项目和评价的设计研究，完善了我们对知识整合原则的理解。以使科学更易理解为目的的研究表明，将科学学习与个人联系起来（如研究转基

因食品格式 2 的主题时）的学习效果比通过传统的教科书学习科学的效果好（Linn & Hsi，2000）。研究揭示了观点的特征：增加学生持有观点的混合性可以促进对整合的理解。对于不理解物质的具体属性的学生来说，增加热的分子模型这种不易理解的观点会干扰他们的学习（见图 15.1）。

思维可视化的研究产生了如“意义建构者”（SenseMaker）的讨论工具和引导学生对当代科学进行辩论的项目（Andriessen，本书；Linn，Davis，& Bell，2004）。对辩论的研究表明学生可以从中获益，他们要为辩论双方的观点准备论据，探究他们的整个构念积储而不只是准备一方的观点。发展诸如美国的两栖动物减少的原因这种有争议的主题的论点，给学生提供了形成科学观的窗口，并帮助学生理解科学证据。

向他人学习的研究为在设计富有成效的讨论的过程中作决定提供了指南，包括确定证据的来源、协作的结构方式以及辩论目标（Linn & Slotta，2006）。受互惠教学（reciprocal teaching）（Brown & Campione，1994）、CSILE（Scardamalia & Bereiter，1991，本书）、作为全球科学家的儿童（Kids as Global Scientists）（Songer，996）等研究的影响，WISE 的设计者已经证明了学生如何独自从讨论中学习，如何确定富有成效的讨论模式（Linn，Davis & Bell，2004）。

终身学习的研究强调批判实验和证据的重要性，这一话题在课程中经常被忽视。帮助学生监控学习的有关研究阐明了将提示整合到科学项目中的成功方式和失败方式。对预测、引出解释以及可选观点等的提示促进了知识整合。提示学生评价他们的进展会使他们取得不同程度的成功（Davis & Linn，2002；White & Frederiksen，1998）。

研究者检验并描述了不同境脉下的知识整合视角，例如化学教育（Kali et al.，2003）、建模（Linn & Eylon，待出版）和水族馆之类的非正式学习环境等境脉（Zimmerman，2005）。这种整合视角已经应用到职前专业发展（Davis，2003）和在职专业发展中（Sisk-Hilton，2002；Williams et al.，2004）。认知科学应用这种整合视角检验课堂实验研究中产生的观点（Richland et al.，2005）。总之，这些研究提出了设计模型和原则，用于指导未来的设计者。

设计模式和原则

综合这些知识整合的研究可以看出，研究者从多个研究项目中探究系统的**设计模式**（Linn & Eylon；见表 15.2）。设计模式是课堂中教师和学生都应遵循的活动序列。

表 15.2 设计模式。设计模式强调知识整合的四个过程：引出观点，补充规范观点，形成标准和整理观点。它们描述了应用于科学课堂中促进知识整合的活动框架。

模　式	描　述	相关研究
定位、诊断和引导	**定位、诊断和引导**模式环环相扣地定义了一个主题的范围，它把与个人相关的问题跟主题联系起来，把这个新主题与先前的教学联系起来，确定学生正在获得的观点，并通过补充观点激发知识整合。	教师经常发现学生的观点令人吃惊（Linn & Hsi，2000）。当增加学生观点的混合性时，基准课程（diSessa & Minstrell，1998）、建立类比（Clement，1993）、说教式目标（Thompson，2002）和关键性案例（Linn，2005）有助于促进知识整合。设计教学来回应学生的观点可以促进学习（Crouch & Mazur，2001）。
预测、观察、解释	**预测、观察、解释**模式包括环环相扣地引出学生对主题的观点，论证现象，并让学生协调对立的观点（Songer，1996；White & Gunstone，1992）。	应用这个模式促进学生学会独自进行比较论证（Sokoloff & Thornton，2004；Linn & Hsi，2000）。预测可使学生能够检测自己的观点并评价结果（Linn，Songer，& Eylon，1996）。
阐明观点	**阐明观点**模式展示关于某个主题真实的推理，应用可视化的策略解决复杂问题。学生试验这些策略并反思自己的观点。	案例学习和历史记录本阐明科学家是如何设计和探索问题的，从而改进学习成果（Clancy et al.，2003；Palinscar et al.，2001）。
实验	**实验**模式包括一个环环相扣的过程：设计一个问题，生成调查研究问题的方式，实施研究，评价结果，并用实验结果整理个人构念积储。	该模式使学生能够确定出好实验的标准，以及从实验中可以学到什么。老师需要模式应用的经验以便成功地促进知识整合（Linn et al.，2004；Polman，2000）。
探究模拟实验	**探究模拟实验**模式包括一个环环相扣的过程：设计一个挑战、竞赛或问题，用模拟实验检测猜想，应用标准，修改观点。	该模式需要设计良好的环境来获得成功（Pallant & Tinker，2004）。通过及时评价结果，地层模拟实验可以促进学生的理解（Kali，Orion，& Eylon，2003）。
创作制品	**创作制品**（artifact）模式包括一个环环相扣的过程：设计一个问题，选择或创作一个制品，评价结果，改进制品，把结果与主题观点联系起来。	应用这个模式，学习者可以获得对复杂系统更深的理解，如蚂蚁的行为、行星运动、电子、基因、热流、血液的氧化（diSessa，2000；Pallant & Tinker，2004；Redish，2003）。

续表

模　式	描　述	相关研究
组织辩论	**组织辩论**模式包括选择问题、产生观点、辨别证据、表达观点，基于反馈或新的证据修正观点。	学生仿效科学家的方式对假设进行辩论（如恐龙灭绝之类的主题），从而促进科学理解（Linn et al.，2004）。
评论	**评论**模式要求学生环环相扣地评价关于科学现象的观点，应用标准，引用证据来保证主张的正确性，并修正标准。	科学课程中往往忽视评论，但评论更容易生成解决方案并帮助学生开始阐明标准（Linn & Hsi，2000；diSessa et al.，2002）。
协作	在**协作**模式中，学生产生自己的观点，回应小组的观点，支持自己的看法，并达到一致。讨论意义对于学生的知识整合最重要。	与维果茨基（Vygotsky，1978）最近发展区的观点一致，只有小组尊重各个成员的观点（Brown & Campione，1994；Cohen，1994）并协商理解（Linn & Slotta，出版中）时，协作模式才能成功。
反思	**反思**模式鼓励学习者分析观点之间的联系，并监控自己的理解。不断变化的提示表明哪种方式成功了（Linn，Davis，& Bell，2004）。	反思激发元认知，鼓励学习者认清观点之间的差距，并寻找填补差距的办法（Bjork，1999；Chi，1996；Krajcik et al.，1999）。

WISE 的探究地图描绘了学生进行的活动。讨论、搜集证据、提示反思、传递经验或诊断观点，等等，这些活动都可能出现在有效或无效的模式中。促进知识整合的设计模式与传统的教学模式（可以描述成**激发兴趣、传授知识和评价**）形成对比。在传统的模式中，教师会应用实例或不寻常的事情激发学生的兴趣，用讲稿与教科书提供科学知识，用测验与家庭作业评价学生是否已经理解了材料。

252

教学研究指出，四个相互关联的过程共同促成了对整合的理解：引出当前的观点、补充新的观点、评价观点及整理观点。这些过程体现了促进知识整合设计模式的特色（见表 15.2）。

引出当前的观点

引出当前观点的教学可以从学生遇到的许多境脉开始，如家庭、博物馆、娱乐场所和学校等都可以提供这种境脉，促进知识整合。学生可以从对这些观点的全面考虑中受益，因为这样可以形成观点间的链接和联系，而不是形成单独境脉中孤立的观点（Linn & Hsi，2000）。共同体所持有观点的多样性可以刺激学生回忆起更多的观点，并在观点之间形成新的联系（Clark & Linn，2003）。

补充新的、规范的观点

在教学中，**补充新的、规范的观点**可以促进知识整合。因为学生喜欢补充一些不同的观点并进行比较，设计者需要找到能激发学生对现有观点进行再思考的观点。当学生孤立地看待规范观点而不是将它们与已有观点进行联系时，新的观点很快就会被忘记。当类比或实例转移了学习者的注意或加强了没有效果的观点时，它们就会干扰知识整合。研究认为，像水流一样的电流图片会误导学生（Eylon & Linn，1988）。霍利约克（Pedone，Hummel，& Holyoak，2001）指出了形象类比的好处，但有规则的类比却不同。艾尔伦（Linn，Songer，& Eylon，1996）的研究展示了单粒子（single particles）模型怎样使学生相信单个的原子或分子都具有一些属性，如颜色和黏性。激发知识整合的观点被称为**原型**(prototypes)（Songer & Linn，1992）、**建立类比**(bridging analogies)（Clement，1993）、**说教式目标**(didactic objects)（Thompson，2002）、**基准化课程**(benchmark lessons)（diSessa，2000）和**关键案例**(pivotal cases)（Linn，2005）。桑格尔和林（Songer，Linn，1992）把原型定义为一些实例。学生可以准确地预测到实验的结果而不必理解它的原理机制。例如，由于木勺子摸上去感觉更凉，学生能预测到木勺子比金属勺子更适合用来搅拌热水，但是他们却不能解释为是因为金属的导热性比木头更好。

知识整合视角结合这些研究成果把**关键案例**定义为这样的新观点：当把它们加到构念积储里时，可以促成更多有内在联系的、规范的理解（见图 15.1）。研究指出，成功的关键案例具有以下特征：（a）产生对两种情形引人注目的、科学正确的比较；（b）描绘出易于理解的、与文化相关的境脉，如日常经历；（c）提供反馈，支持学生努力发展标准并监控他们的进展；（d）鼓励学生用准确的词汇描述观点，以便和他人讨论。例如，为了解释相同温度的物体摸上去感觉会不一样的原因，老师应该鼓励学生在寒冷的天气在家里感受摸木头和摸金属时的不同，在炎热的天气到海滩上去感觉这些不同的材料。这些例子符合关键案例的标准，因为它提供了在天气热和冷之间的严格比较，描述的是熟悉的情境，提供反馈帮助学生评价观点，还提供了让学生互相讨论的例子。

形成标准

有助于学生形成观点评价标准的教学，可以促进内在的理解。学生可以从教科书、因特网、广告、实验、个人经验、教师和同伴中获得观点。学生常常认为科学教科书上的知识都是正确的。他们接受假的结论——在网络和流行的出版物中都可以看到，是因为这些错误掩藏在科学行话背后。辩论可以推动科

学的进步，但科学课程却忽视辩论，极少讨论研究方法的局限性，而且经常不加批判地接受科学家的观点。学生们可以通过以下方式成功地评价观点并形成标准：应用方法的知识进行调查研究，利用熟识的技术来研究他们可能会遇到的各种现象（如地震、克隆、新药设计和环保），以及了解科学家们的工作。学生需要用标准帮助他们整合各种观点（见表 15.1），从而建立连贯一致的理解。

整理观点

有助于学生整理观点并建立观点间的联系的教学，可以为后续学习打下基础。学生需要应用自己的标准区分分析的层次，调解对立的观点，识别自身知识之间的重叠和间隔，并建立联系（Bransford，Brown，& Cocking，2000）。当学生反思时，他们可以用标准来强化一些观点而削弱另外的观点。为了达到成功，学生需要把有限的精力分配到最核心的难题中并监控进展。许多学生用死记硬背的方法记忆一些科学课程知识，因为他们自认为考试中可能会考到这些知识，但考试之后就忘得一干二净。

针对这四个过程（引出观点、补充观点、形成标准、整理观点）的研究已经完整地应用在 10 个设计模式中，这些模式将活动与课程材料、教师和同伴联系起来（见表 15.2）。为了达到探究或自主的目标，利用各种学习环境（如计算机实验室、报告厅或课外活动计划），通过一个设计模式组合有效地组织课程材料。例如，在探究学习中，学生有很多机会（如经验、模型和示范）获得观点。组合模式可改变学习活动来吸引各种学习风格的学生，或者激发学习的口头模式、视觉模式和社会模式。

254

这些设计模式并没有对需要强调哪些学科问题进行回答。为了实现教学目标，设计者需要组合各种模式，为科学主题选择关键案例，并决定教学活动范围。

知识整合视角强调对教学设计反复改进的重要性。即使经过慎重考虑后产生的教学设计也可以在具体境脉应用中得到改进。学生中有代表性的构念积储也是变化多样的。理想的情况是，教学设计者在保留促进知识整合的四个过程的同时，能够形成事先设计好的活动。这种活动使教师能够冒着在科学学习中失败的危险，找到合适的方式设计教学并满足学生的需要。为了指导设计并获得学习环境的有效特征，凯莉（Kali et al.，2002；见图 15.3）制作了一个设计原则数据库，并鼓励研究者把课堂教学中行之有效的特征添加到里面去。设计原则帮助设计者找到合适的功能添加到活动中。当某种方式失败后，用户可以从这个数据库中找到多种替代的解决方法。

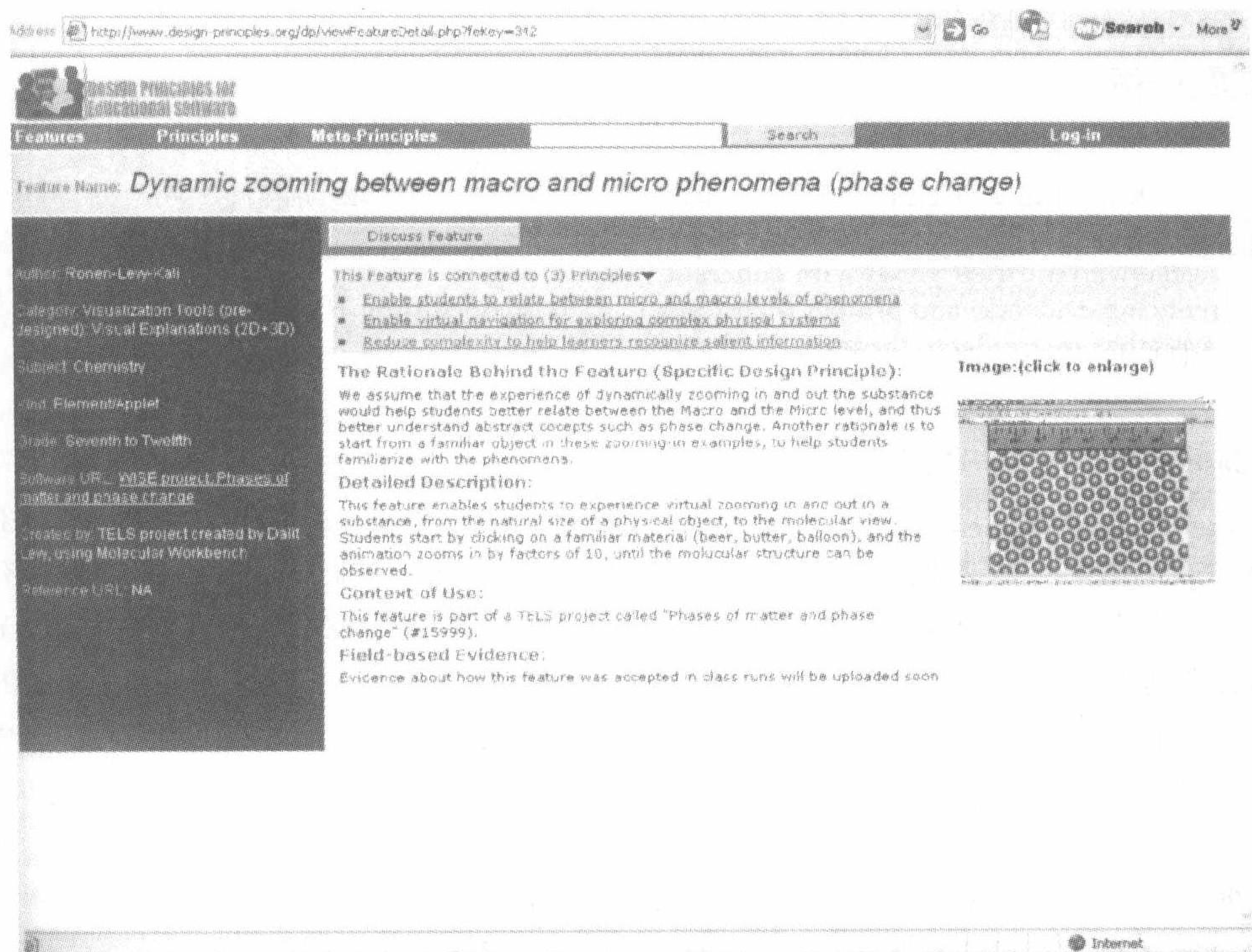


图 15.3　设计原则数据库（Design Principles Database）。设计原则数据库吸收了各个层面学习研究的成果（Kali et al.，2002；参见 http://www.telscenter.org/research/research%20update/research_dpdatabase.html）。

科学学习和教学的整合观

知识整合视角建立在大量的科学教育研究的基础上——它提供了一种方式来连接研究与多种范式。正如提倡增强学生观点之间的对立性可以促进彼此对科学的理解一样，各种观点可以在研究项目的冲突中得到发展，从而促进研究领域的发展。人们认为教育理论就像牙刷一样——对牙刷主人有价值，但不能与人共享。知识整合视角重视对学和教的多样性的描述。知识整合视角鼓励研究者分析各种不同的观点（辨别类似和不同之处），并增加领域的共性。设计模式和原则阐明了支持该过程的综合研究形式。

发展的、社会文化的、认知的和建构主义（constructivist）中的研究可以帮助阐明学生如何产生和理解观点。皮亚杰的认知发展理论激发了我早期对青少年推理的研究，有关青少年推理的研究促使我关注知识整合。社会文化研究展示了学生遇到的观点的广泛来源；认知研究帮助解释怎样获得、记忆和遗忘观点；而建构主义研究加强了理解学习者意图的重要性。

发展研究

皮亚杰描述了学生在入学早期的很大一部分时间里通过具体运算（concrete operations）推理达到平衡，之后到了青少年时期，快速地过渡到形式运算（formal operations）的新平衡。皮亚杰认为，只有在形式运算阶段学生才开始有能力怀疑他们的观点、作出推测、鉴别自然科学方法、识别矛盾以及进行抽象推理。

许多研究对皮亚杰所假定的从具体运算到形式运算的过渡持怀疑态度。凯斯（Case，1985）进行的研究结果表明，年幼的小孩在适当的帮助下可以控制变量。最近的研究认为学生在入学早期就有能力做令人信服的实验，但是也有可能

255

所作的调查研究缺乏说服力。马斯尼克和克拉尔（Masnick，Klahr，2003）研究了学生如何设计和解释实验，在实验中，学生能够操作变量来测验影响小车滑下斜面的速度的因素，或是决定飞机飞行轨迹的因素。他们发现这些年幼学生做的实验有正确也有偏倚。马斯尼克和克拉尔还描述了学生个人构念积储中丰富多样但不系统、缺乏整合的实验误差的概念。这个研究提供了一些证据来证明观点变化的价值，它指出了学生可能会通过和同伴协商理解如何来学习科学实验，正如在**实验**模式中所强调的那样（见表15.2）。

比在日内瓦研究的问题更具多样性的问题的研究同样关注问题的境脉。学生缺乏与类似全球变暖这种主题相关的重要实验变量的知识。同样，他们也难以归纳出调查类似恐龙灭绝这种主题的实验方法的知识。学生可能会对熟悉的境脉应用合理的策略（Linn et al.，1983），但忽视标准的变量（Linn & Hsi，2000；Polman，2000）。这些研究强调“**使科学易于理解**”这一知识整合原则，因为与个人相关的问题可以激发学生将日常生活中的观点与科学课本上的观点进行比较。

256

最近的发展研究重新关注推理中的转变。研究者们根据**理论说**（theory-theory）的观点将皮亚杰的过渡观与库恩的科学革命论结合起来（diSessa，本书；Carey，1992；Gopnik & Wellman，1994；Vosniadou et al.，2001）。沃斯纳多（Vosniadou）认为把地球看作是像薄烤饼一样呈圆形的学生，会使用一致的、有说服力的证据，以与科学家相似的方式来辩护自己的观点。迪塞萨（diSessa，Gillespie，& Esterly，2004）进一步分析了沃斯尼阿多的一些结论。他怀疑学生观点的一致性，并认为学生的知识是更为零散的（同样参见diSessa，本书）。这些知识整合的研究把注意集中在这种状况上：学生有连贯一致但不规范的观点，并且强调有必要用有效的关键案例处理这些观点。

齐（Chi，1996）描述了本体论的分类在设计科学教学中的重要性。她认为大部分学习者更愿意将热和电这样的自然现象归类为物质形态，而不是人为约束的过程。她指出，学生维护自己的物质观，而不是维护传统课程中有趣的、更规

范的观点。雷斯尼克（Resnick，1994）研究了像交通堵塞这样的突发现象及蚂蚁群体的行为，他认为学生的直觉源自于集中的思维定式，并且证明了模拟环境可以提供一种可选择的、浮现的观点。

总之，皮亚杰提出了与年龄相关的推理过渡期的假设，它影响学习者的意象（image）和科学教学的设计。最近的研究支持认知发展途径更加多样性，这与林和斯（Linn & Hsi，2000）所确定的知识整合的四种轨迹相一致。研究者从理论说和本体论分类的角度寻求改革以促成新观点的建立。这些研究提醒教学设计者考虑学生产生连贯的不规范观点的案例，寻找令人信服的关键案例来促进整合，这些案例包含了一些观点，这些观点有助于学生辨别基于主旨和基于过程的分类。**适应、诊断和引导模式**以及**预测、观察、解释模式**就应用了这种方法。

社会文化研究

维果茨基（Vygotsky，1978）赋予了社会文化理论新的活力，这种观点关注源于文化的规范、语言的应用和社会交互作用（Greeno，Collins，& Resnick，1996），并强调学习的境脉缓和了学生观点的变化。

维果茨基（Vygotsky，1978）用**最近发展区**理论解释与学习者单独学习相比，为什么学生与教师或能力更强的同伴协作可以产生额外且更具智慧的观点。我的论文研究探讨了维果茨基（Vygotsky，1978）的最近发展区理论，它帮助我认识到教师和同伴应该如何促进知识整合（Linn，1970）。即使在同伴缺乏成熟的观点时，他们也可以提示并为学习者搭建脚手架。计算机作为学习伙伴的研究展示了学生在讨论热和温度时使用术语的困惑。这些术语的使用给学习者提供了理解科学现象的机会（Linn & Hsi，2000）。同伴交互研究阐明了向他人学习所带来的改进与困惑。当学习境脉引发了这样一种陈旧的想法——谁能在科学学习中获得成功时，设计者就需要考虑学习者是如何反应的。

总之，社会文化论的观点强调规范、信念、语言和文化习惯在塑造科学理解、洞察构念积储的观点来源方面所扮演的角色。构念积储中来自于社会和文化经验的观点，通过共同体应用**协作或评论**模式（见表 15.2）可以得到检验和重新考虑。这些模式利用了最近发展区理论。它们阐明了共同体如何能够设计出忠实于既定社会道德准则的规范，免受刻板思想影响，同时强调同伴交互的重要性。

认知研究

认知理论（Cognitive）的观点在研究大学生如何记忆和遗忘事实与文字意义方面历史悠久（Bjork，1999）。在桑代克（Thorndike）研究的启发下，这项研究

强化了传统的设计模式，即上文提到的**激发兴趣、传授知识**和**评价**(Lagemann，2000)。为了将这项研究延伸到更复杂的任务中，认知理论的研究者们利用技术增强的学习环境，并研究更大范围的学习者。依据人类记忆和问题解决的基础研究，认知导师让学生保持参与并提高解决代数、几何或程序问题的能力（Aleven & Koedinger，2002；Koedinger & Corbett；本书）。为了创作有效的认知导师，研究者为类似几何这样的主题设计了新的展示方法（见图15.4）。在检验对简单材料学习的基础上，认知科学家设计了认知导师。当学生选择了无效的解决方法时，它可以及时干预。这种及时的反馈让学生保持参与，但也使一些学生得出不正确的结论，即认为认知导师只接受全部正确方法的一部分（Schofield，1995）。

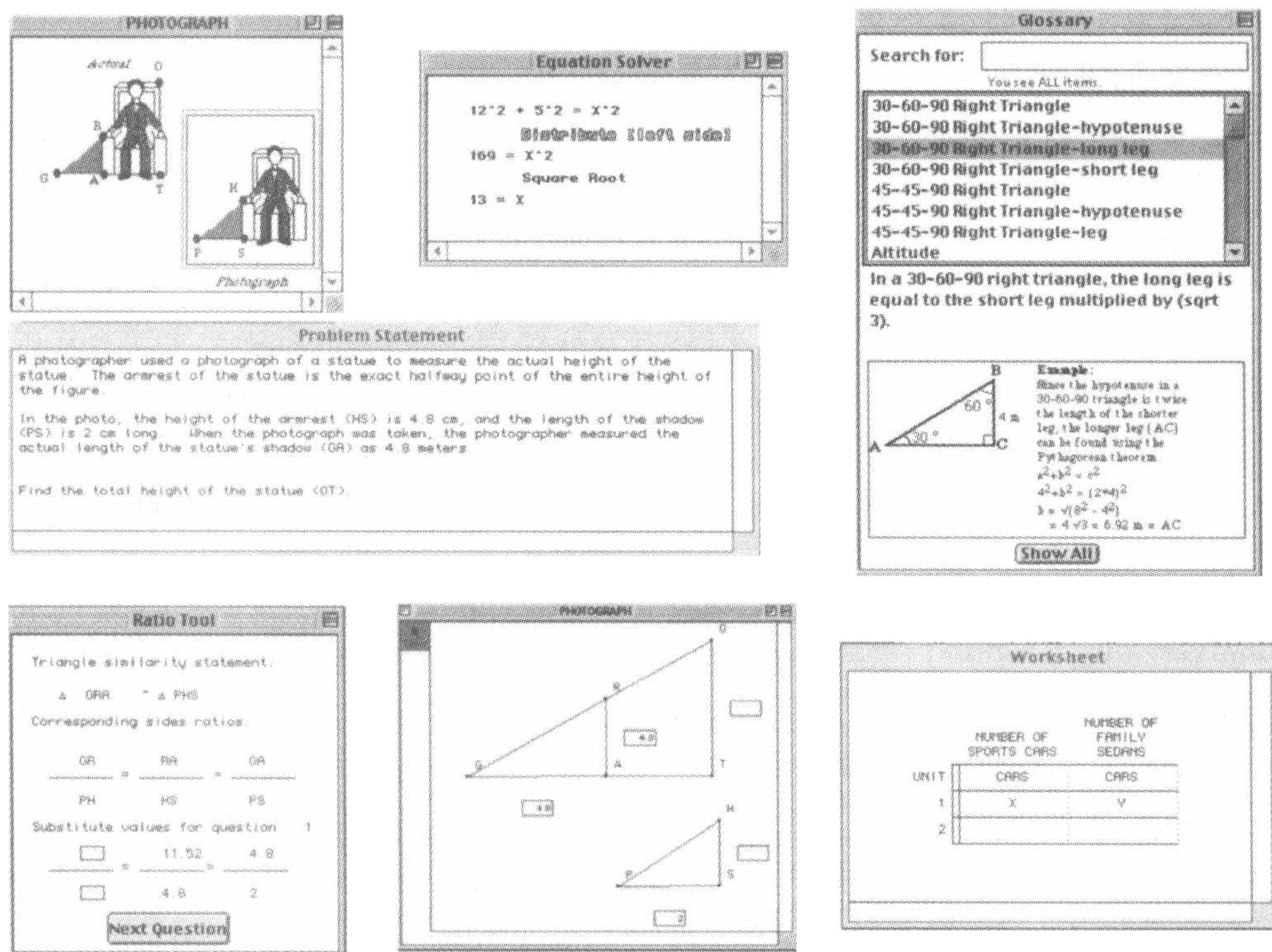


图15.4　认知导师。认知导师提供给学生可视化工具和交互工具，并为学生提供正在解决的问题的具体提示。学生几乎可以按任意的顺序应用这些工具，并且每种工具都可以从屏幕上获得，以解决所有能解决的问题（参见 Aleven & Koedinger，2002；http://act.psy.cmu.edu/awpt/Geometry/GeometryInterface.html）。

认知神经系统科学强调使大脑中各种路径活跃的重要性，其中包括与形象生动的材料相联系的方法（如 Shonkoff & Phillips，2000）。这些发现与一些研究有共通之处。这些研究显示：生动的类比要比静态乏味的类比效果更好（Pedone et

258

al.，2001），更有助于理解关键案例（Linn，2005）。

研究值得关注的难点有助于阐明个人构念积储易变动的原因，并解释学生难于理解科学课堂上所讲概念的原因（Bjork，1999）。所以说，教师和学生经常设想教学中的活动在提高成绩的同时，也会促成持久的理解。尽管如此，这种设想有时会出现戏剧性的错误：教学中加快知识获得速度的活动也许不能支持知识的保持和迁移。为学生介绍难点的活动可以提高教学后的成绩。值得关注的难点包括：间隔地学习单个主题比集中地学习效果更好；交错地练习单个主题比模块化地练习更有效；变化教学材料的呈现手法；减少反馈；运用嵌入式评价作为学习的机会。研究值得关注的难点应用了不熟悉的任务，如学习斯瓦希里语（Swahili words），也应用了少于一天的记忆间隔。研究将这些成果扩展到复杂材料和长时记忆间隔，这就提供了对知识整合视角的深刻理解。混合文本（Kintsch，1998）和复杂科学材料（Richland et al.，2005）的研究结果一致表明，让学生对观点产生联系而不仅仅是阅读或记住观点是非常重要的。知识整合研究也为认知研究者提出了问题，它指出复杂的学习任务一般要求学生从各种境脉中插入观点，并指出学生在阶段性任务上表现欠佳是因为他们不能对各阶段的任务作出必要的联系（如 Linn，Davis，& Bell，2004）。

认知观点的研究强调加入校内外境脉的好处，并指出通过设计鼓励户外实践的活动让学生回归社会和自然界实验的重要性（Bjork，1999）。评论和反思模式提示学习者从境脉中联系观点，并形成应用到各种境脉中的科学观点。

建构主义研究

建构主义研究强调利用学习者的努力来引导和监控自己的活动。自我监控（self-monitoring）和元认知的研究与学习者将各个观点进行联系的证据是相吻合的。一系列的研究项目试图通过强调概念转变（conceptual change）（Strike & Posner，1985）、零散知识（knowledge in pieces）（diSessa，1988；本书）、有意图的学习（intentional learning）（Scardamalia & Bereiter，1991）、学习者共同体的形成（Brown & Campione，1994）、认知学徒制（cognitive apprenticeship）（Collins，本书）来利用这些智力努力。

建构主义研究者们不认同知识整合发生的方式。他们受皮亚杰认知过渡性研究的影响，认同认知冲突论（cognitive conflict）（Inhelder & Piaget，1958/1972）。斯特赖克和波斯纳（Strike & Posner，1985）阐明了概念转变的模式，它要求用证据反驳存在的观点并支持规范的观点。这种方式虽然具有潜在的重要价值，但经常失败。前文描述的实验化和策略化的轨迹显示了学生如何用缩小关注范围或将对立置于境脉中的方式来回避对立。因而，例如当表明摆锤的重量不会影响钟摆的摆动频率时，学生可能会接受这个观点。或者他们可能会编造解释来支持最

初观点，如认为频率变化是细微的。

迪塞萨提出了一个可供选择的概念转变方法来解释建构主义的作用方式。迪塞萨综合研究了许多学生持有的观点，认为学习者具有零散知识。迪塞萨（diSessa，1988）将现象本原（phenomenological primitives，简称为“p-prims”）定义为对自然世界的描述性解释，这种解释经常会带来合理的预测。迪塞萨认为这些观点是基于境脉并与其他观点有松散关联的。有些现象本原具有类似的特征，例如光“逐渐消失”，声音也“逐渐消失”。现象本原往往反映了特殊的经历体验。学生可能会推断光逐渐消失的原因是他们远离了光源就看不到光了。迪塞萨提倡学习要建立在这样的观点及其他学生的观点之上。

259

最近，多项研究详述了应用建构主义观点设计教学的方式。建构主义的认知学徒制（Collins，本书）利用成功的教学项目来解释：为什么学生可以从解决复杂、真实的问题中获益，能在复杂任务中搭建脚手架直到能够独立完成整个任务，为什么学生能从与他人合作探讨意义的过程中获益，并在他们发展元认知能力时支持他们的理解。在学习的国际观中，斯卡达玛莉亚和巴雷特（Scardamalia & Bereiter，1991）强调自我监控的重要性。知识论坛是一个协作工具。借助知识论坛，学生可以意识到与共同体知识的差距，并参考同伴或专家来缩小这些差距（Scardamalia & Bereiter，本书）。他们帮助彼此监控理解并学习怎样识别矛盾。布朗和坎皮恩（Brown & Campione，1994）在培养学习者交流的工作中，展示了科学课程促进学习和利用最近发展区的方式。他们鼓励学习者专攻一个主题的某个方面，例如关于热带雨林的一个单独的物种，然后创设活动让共同体发展专业技能。他们指出了学生如何获得对自然科学的洞察力及如何通过与同伴互动来商讨科学术语的意义。

建构主义研究强调学习者的独特轨迹。即使得到了相似的结论，学生还是能经常注意到截然不同的观点。**实验、创作制品、探究模拟实验和组织辩论**等模式，利用建构主义的观点，可以帮学习者搭建脚手架，进而获得连贯一致的理解（见表 15.2）。

总之，这些研究项目强调这样一种观点：学习者可以从自身构念积储和他人构念积储的各种观点中获益。他们建议学生应用各种方式理解科学，这与上文提到的概念化的、实验化的、策略化的和情境化的轨迹是相一致的。皮亚杰和概念转变的研究者关注新观点取代不规范观点的阶段。社会文化论的观点强调广泛的观点来源并解释观点特殊性的原因；认知理论的观点有助于解释学生如何发展持久的观点；而建构主义的观点则强调教学如何支持学习者持续努力以寻求更连贯的理解。

结论

知识整合视角从比传统更为宽广的角度整合了研究成果。它注重让学生阐明各种独特的观点，鼓励学生主动构建自己的构念积储并监控构建的成功。知识整合视角从一些新兴的研究方法中获益，如案例研究和设计研究。它为共同体提供了设计模式和原则，鼓励有根据的思考和生成性的研究推理。

知识整合视角根据大量的证据说明多样性是学习的调味剂，加入关键案例常常可以增大功效。对学生学习轨迹的仔细考察强调学生应对科学教育的独特方式。教学通常会增加一些学生更倾向于进行孤立而非整合的观点。学生可以主动地学习观点或听演讲，可以主动地进行试验或设计作品。这些教学活动可能会失败，除非学生将这些新观点整合到已有的观点中，形成标准来辨别观点，并整理他们的各种观点。当这个过程成为学生的终身习惯时，学生就成功了。通过持续研究他们自己的个人构念积储并寻找标准来引导这个过程，学生获得了更为内在连贯并严密的科学观点。

260

知识整合的原则转化为设计模式中的活动时，应当尽量满足四种轨迹的学生的需求。概念化的学生擅长发现相互联系的观点，但往往容易忽视与实际问题的联系。当教学使科学易于理解并督促他们思考实际问题时，概念化者就可以从中受益。他们似乎在**协作**和**创作制品**这样的模式中学得更充分，因为他们需要回应他人的观点，并设计一个与社会相关的问题解决方案（见表 15.2）。

实验化者擅长于表达出新奇、有趣但往往不够严密的观点。这些学生可以从思维可视化的教学以及展示严密观点的形成过程中获益。他们似乎可以在**组织辩论**的模式中学得更为彻底充分，因为他们需要组织观点并使他人信服（见表 15.2）。

策略化者往往能胜任那些不需要明显的科学理解能力的学习。这些学生可以从促进终身学习、坚持自我反思和监控自己的进展中获益。他们在**预测、观察、解释模式**和**探究模拟实验**模式中学得更充分，因为他们需要对比观点并形成标准来区分各个观点。

境脉化者在知识整合方面遇到的挑战最大，因为他们往往逃避将观点联系起来。他们可以从强调向他人学习的教学中获益，因为他人可以提供可理解的相互联系的例子。境脉化者甚至可以从不规范的例子之间的关联中获益，因为他们需要已了解的例子。**引出、诊断**和**引导**模式有助于境脉化的学习者将注意力集中到易于管理的一系列事物中。

总之，知识整合视角源于对学习者案例研究的分析，并以为设计者提供指导的方式影响全部的学生。知识整合视角的研究将继续应用以往科学教育中丰富而多样的研究方法促进后续的发展。

致谢

本文得到了美国国家科学基金会项目9873180、9805420、0087832、9720384和0334199的资助。文章中提到的任何观点看法、调查结果和结论或建议都是该作者的观点，不代表美国国家科学基金会的观点。

非常感谢基于网络的科学探究环境（WISE）团队以及行为科学高级研究中心（Center for Advanced Study in the Behavioral Sciences）记忆力团队的成员们，他们对这些观点进行了有益的探讨。特别鸣谢菲利普·贝尔（Philip Bell）、罗伯特·比约克（Robert Bjork）、道格拉斯·克拉克（Douglas Clark）、艾伦·柯林斯、伊丽莎白·戴维斯（Elizabeth Davis）、安德烈·A. 迪塞萨、里克·杜施尔（Rick Duschl）、巴特－示法·埃伦（Bat-Sheva Eylon）、谢里·斯（Sherry Hsi）和吉姆·斯洛塔（Jim Slotta），他们对本文的初稿进行了讨论和评论。

261

感谢戴维·克罗维尔（David Crowell）和乔纳森·布赖特巴特（Jonathan Breitbart）对手稿出版的帮助。

参考文献

AAUW. (2000). *Tech-savvy: Educating girls in the new computer age.* Washington, DC: AAUW.

Aleven, V. A., & Koedinger, K. R. (2002). An effective metacognitive strategy: Learning by doing and explaining with a computer-based cognitive tutor. *Cognitive Science*, 26, 147 – 179.

Bell, P., & Linn, M. C. (2002). Beliefs about science: How does science instruction contribute? In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (pp. 321 – 346). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bjork, R. A. (1999). Assessing our own competence: Heuristics and illusions. In D. Gopher & A. Koriat (Eds.), *Attention and performance XVII. Cognitive regulation of performance: Interaction of theory and application* (pp. 435 – 459). Cambridge, MA: MIT Press.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school.* Washington, DC: National Research Council.

Brown, A. L., & Campione, J. C. (1994). Guided discovery in a community of learners. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 229 – 270). Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.

Carey, S. (1992). The origin and evolution of everyday concepts. In R. N. Giere (Ed.), *Cognitive models of science* (Vol. XV, pp. 89 – 128). Minneapolis: University of Minnesota Press.

Case, R. (1985). *Intellectual development: Birth to adulthood.* Orlando, FL: Academic Press.

Chi, M. T. H. (1996). Constructing self-explanations and scaffolded explanations in tutoring. *Applied Cognitive Psychology*, 10, S33 – S49.

Clancy, M., Titterton, N., Ryan, C., Slotta, J., & Linn, M.C. (2003). New roles for students, instructors, and computers in a lab-based introductory programming course. *ACM SIGCSE Bulletin*, 35 (1), 132-136.

Clark, D.B., & Linn, M.C. (2003). Scaffolding knowledge integration through curricular depth. *Journal of Learning Sciences*, 12 (4), 451-494.

Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), 1241-1257.

Cohen, E.G. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64 (1), 1-35.

Collins, A., Brown, J.S., & Holum, A. (1988). The computer as a tool for learning through reflection. In H. Mandl & A.M. Lesgold (Eds.), *Learning issues for intelligent tutoring systems* (pp. 1-18). Chicago: Springer-Verlag.

Crouch, C.H., & Mazur, E. (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69, 970-977.

Davis, E. (2003). Knowledge integration in science teaching: Analysing teachers' knowledge development. *Research in Science Education*, 34 (1), 21-53.

Davis, E.A., & Linn, M.C. (2000). Scaffolding students' knowledge integration: Prompts for reflection in KIE. *International Journal of Science Education*, 22 (8), 819-837.

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5-8.

diSessa, A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman & P. Pufall (Eds.), *Constructivism in the computer age* (pp. 49-70). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

diSessa, A.A. (2000). *Changing minds: Computers, learning and literacy.* Cambridge, MA: MIT Press.

diSessa, A., Elby, A., & Hammer, D. (2002). J's epistemological stance and strategies. In G.M. Sinatra & P.R. Pintrich (Eds.), *Intentional Conceptual Change* (pp. 237-290). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

diSessa, A.A., Gillespie, N.M., & Esterly, J.B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28, 843-900.

diSessa, A.A., & Minstrell, J. (1998). Cultivating conceptual change with benchmark lessons. In J.G. Greeno & S. Goldman (Eds.), *Thinking practices* (pp. 155-187). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Eylon, B.S., & Linn, M.C. (1988). Learning and instruction: An examination of four research perspectives in science education. *Review of Educational Research*, 58 (3), 251-301.

Gopnik, A., & Wellman, H.M. (1994). The theory theory. In L.A. Hirschfeld & S.A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 257-293). New York: Cambridge University Press.

Greeno, J., Collins, A, and Resnick, L. (1996). Cognition and learning. In D.B. a. R. Calfee (Ed.), *Handbook of educational psychology* (pp. 15-46). New York: Macmillan.

Howe, C. , Tolmie, A. , Duchak-Tanner, V. , & Rattray, C. (2000). Hypothesis testing in science: Group consensus and the acquisition of conceptual and procedural knowledge. *Learning and Instruction*, 10, 361 -391.

Inhelder, B. , & Piaget, J. (1958/1972). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence; An essay on the construction of formal operational structures.* New York: Basic Books.

Kali, Y. , Bos, N. , Linn, M. C. , Underwood, J. , & Hewitt, J. (2002). Design principles for educational software. In G. Stahl (Ed.), *Computer support for collaborative learning: Foundations for a CSCL community* (*Proceedings of CSCL* 2002) (pp. 679 - 680). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Kali, Y. , Orion, N. , & Eylon, B. (2003). The effect of knowledge integration activities on students' perception of the earth's crust as a cyclic system. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (6), 415 -442.

Kintsch, W. (1998). *Comprehension: a paradigm for cognition.* Cambridge, MA: MIT Press.

Krajcik, J. S. , Blumenfeld, P. C. , Marx, R. W. , & Soloway, E. (1999). Instructional, curricular, and technological supports for inquiry in science classrooms. In J. Minstrell & E. V. Zee (Eds.), *Inquiry into inquiry: Science learning and teaching.* (pp. 283 - 315). Washington, DC: AAAS Press.

Lagemann, E. C. (2000). *An elusive science: The troubling history of education research.* Chicago: University of Chicago Press.

Lewis, E. L. , & Linn, M. C. (1994). Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (6), 657 -677.

Linn, M. C. (1970). *Effects of a training procedure on matrix performance and on transfer tasks.* Unpublished doctoral dissertation, Stanford University, Stanford, CA.

Linn, M. C. (1995). Designing computer learning environments for engineering and computer science: The Scaffolded Knowledge Integration framework. *Journal of Science Education and Technology*, 4 (2), 103 - 126.

Linn, M. C. (2005). WISE design for lifelong learning-pivotal cases. In P. Gärdenfors & P. Johannsson (Eds.), *Cognition, education and communication technology* (pp. 223 - 256). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Linn, M. C. , & Clancy, M. J. (1992). The case for case studies of programming problems. *Communications of the ACM*, 35 (3), 121 - 132.

Linn, M. C. , Clark, D. , & Slotta, J. D. (2003). WISE design for knowledge integration. *Science Education*, 87, 517 -538.

Linn, M. C. , Clement, C. , & Pulos, S. (1983). Is it formal if it's not physics? *Journal of Research in Science Teaching*, 20 (8), 755 -770.

Linn, M. C. , Davis, E. A. , & Bell, P. (Eds.) . (2004). *Internet environments for science education.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Linn, M. C. , & Eylon, B. -S. (in press). Science education: Integrating views of learning and

instruction. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology* (2nd ed.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlhaum Associates.

Linn, M. C., & Hsi, S. (2000). *Computers, teachers, peers: Science learning partners.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Linn, M. C., & Slotta, J. D. (2006). Enabling participants in on-line forums to learn from each other. In A. M. O'Donnell, C. E. Hmelo-Silver, & G. Erkens (Eds.), *Collaborative learning, reasoning, and technology.* Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Linn, M. C., Songer, N. B., & Eylon, B. S. (1996). Shifts and convergences in science learning and instruction. In R. Calfee & D. Berliner (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 438 - 490). Riverside, NJ: Macmillan.

Masnick, A. M., & Klahr, D. (2003). Error matters: An initial exploration of elementary school children's understanding of experimental error. *Journal of Cognition and Development*, 4, 67 - 98.

Metz, K. (2000). Young children's inquiry in biology. Building the knowledge bases to empower independent inquiry. In J. Minstrell & E. Van Zee (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (pp. 3 - 13). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

263

Millar, R., & Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, 14 (9), 33 - 62.

Osborne, J. F., & Young, A. R. (1998). The biological effects of ultra-violet radiation: A model for contemporary science education. *Journal of Biological Education*, 33 (1), 10 - 15.

Palinscar, A. S., Magnusson, S., & Cutter, J. (2001). Making science accessible to all: Results of a design experiment in inclusive classrooms. *Learning Disability Quarterly*, 24, 15 - 32.

Pallant, A., & Tinker, R. (2004). Reasoning with atomic-scale molecular dynamic models. *Journal of Science Education and Technology*, 13 (1), 51 - 66.

Pedone, R., Hummel, J. E., & Holyoak, K. J. (2001). The use of diagrams in analogical problem solving. *Memory and Cognition*, 29, 214 - 221.

Pfundt, H., & Duit, R. (1991). *Students' alternative frameworks* (*3rd ed.*). Federal Republic of Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel/Institut fiir die Pädagogik der Naturwissenschaften.

Piaget, J. (1970). *Structuralism.* New York: Basic Books.

Polman, J. L. (2000). *Designing project-based science: Connecting learners through guided inquiry.* New York: Teachers College Press.

Redish, E. F. (2003). *Teaching physics with the physics suite.* New York: John Wiley and Sons, Inc.

Resnick, M. (1994). *Turtles, termites, and traffic jams: Explorations in massively parallel microworlds.* Cambridge, MA: MIT Press.

Richland, L. E., Bjork, R. A., Finley, J. R., & Linn, M. C. (2005). Linking cognitive science to education: Generation and interleaving effects. In B. G. Bara, L. Barsalou & M. Bucciarelli

(Eds.), *Proceedings of the twenty-seventh annual conference of the Cognitive Science Society*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1991). Higher levels of agency for children in knowledgebuilding: A challenge for the design of new knowledge media. *Journal of the Learning Sciences*, 1, 37-68.

Schofield, J. W. (1995). *Computers and classroom culture*. New York: Cambridge University Press.

Shonkoff, J. P., & Phillips, D. A. (Eds.). (2000). *From neurons to neighborhoods: The science of early childhood development*. Washington, DC: National Academy Press.

Siegler, R. S. (1996). *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. New York: Oxford University Press.

Sisk-Hilton, S. (2002). We'll take the parts that make sense: The evolution of an inquiryoriented professional development model. In P. Bell, R. Stevens & T. Satwicz (Eds.), *Keeping learning complex: Proceedings of the fifth international conference of the learning sciences (ICLS)*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Sokoloff, D. R., & Thornton, R. K. (2004). *Interactive lecture demonstrations in introductory physics*. New York: John Wiley and Sons.

Songer, N. (1996). Exploring learning opportunities in coordinated network-enhanced classrooms—A case of kids as global scientists. *Journal of the Learning Sciences*, 5 (4), 297-327.

Songer, N. B., & Linn, M. C. (1992). How do students' views of science influence knowledge integration? In M. K. Pearsall (Ed.), *Scope, sequence and coordination of secondary school science, Volume I: Relevant research* (pp. 197-219). Washington, DC: The National Science Teachers Association.

Steele, C. M. (1999). Thin ice: "Stereotype threat" and black college students. *Atlantic Monthly*, 44-54.

Strike, K. A., & Posner, G. J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L. H. West & A. L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 211-231). Orlando, FL: Academic Press.

Thompson, P. W. (2002). Didactic objects and didactic models in radical constructivism. In K. Gravemeijer, R. Lehrer, B. v. Oers & L. Verschaffel (Eds.), *Symbolizing and modeling in mathematics education* (pp. 191-212). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11 (4-5), 381-419.

264

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16 (1), 3-118.

White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. New York: Falmer Press.

Williams, M., Linn, M., Ammon, P., & Gearhart, M. (2004). Learning to teach inquiry sci-

ence in a technology-based environment: A case study. *Journal of Science Education and Technology*, 13 (2), 189 - 206.

Zimmerman, T. (2005). *Promoting knowledge integration of scientific principles and environmental stewardship: Assessing an issue-based approach to teaching evolution and marine conservation.* Unpublished Doctoral Dissertation, University of California, Berkeley.

第16章

265

概念转变研究的历史

——线索和断层

安德烈·A. 迪塞萨

概念转变的特征

在学习科学中，用与教学的关联来定义概念转变（conceptual change）也许最合适。根据大量的教育经验，有些主题对学生而言显得格外难，这些内容的教和学是比较困难的，并且用传统的教学方式往往容易失败。从小学到大学，科学学习的许多内容都有这样的特点。这些内容包括：物理学科中物质和密度的概念、牛顿力学、电学和相对论；生物学科的进化和遗传学。为了学好这些主题，学生必须经历概念转变的过程。概念转变与疑难问题较少的学习（如技能和事实的获得）形成对比，技能和事实的获得也许一样存在困难，但显而易见的是通过大量的纯粹学习或必要的练习就可以快速、无误、高效地提高成绩。

"概念转变"这个词很贴切地表达了主要的困难：学生必须在原有观点**境脉**下建立新的观点；因而，强调的重点在于"转变"而不是简单的获得。许多证据表明原有观点在多方面束缚了学习。概念转变的"概念"部分不能停留在字面理解上。除"概念"之外，各种各样的理论还将难点定位在"信念"（beliefs）、"理论"（theories）、"本体论"（ontologies）之类的实体（entity）上。

概念转变是学习科学最核心的领域之一，这里有几个原因。首先，科学上许多最重要的观点似乎都受到来自疑难问题学习的挑战的影响。概念转变同样也引发了一些关于学习的最深奥、最持久的理论问题。知识的形式多种多样，哪种形式属于知识？何时以及为何难以获得知识？什么是深层理解，怎样培养？概念转变不仅对教育学很重要，对发展心理学、认识论以及科学史和科学哲学也很重要。仔细想想，在科学史上，是什么解释了科学革命带来的挑战，例如牛顿（Newton）、哥白尼（Copernicus）和达尔文（Darwin）所引发的挑战？

266

概念转变研究是很难评论的。问题（转变什么？为什么很难转变？转变是

如何发生的?）只是缓慢地解决，而且这些解决方法只是试验性的、局部的。另外，多学科的涉入已经造成了过多的研究取向和理论。事实上，目前还没有被广泛接受的、表达清晰的并经过检验的概念转变理论。相反，在这个领域里存在多样的观点，这些观点以五花八门的方式结合了常识性和理论性的观点。我的评论旨在强调关键的**线索**(threads）和**断层**(fault lines）——前者是从历史的角度来看，而后者是通过关注一些观点上的重要变化以及观点间的不同。这篇评论最后对未来研究工作提出了一些建议。

预览

这部分用一个例子阐述在概念转变研究中几个最重要的问题。这些问题相对于其他已知的重要且微妙的问题而言，更具有里程碑意义。

物理学中力的概念是一个极好的概念转变的例子。图 16.1 科学地描述了将小球抛到空中这一简单事件。物理学家会说小球脱手后只受到重力这一个力的作用。重力对小球的速度起作用，它使物体速度减小直到为零，这时小球达到抛出后的最高点。之后，重力继续作用于小球，“牵引”小球向下运动，因而小球会加速向下运动，直到落到地面。

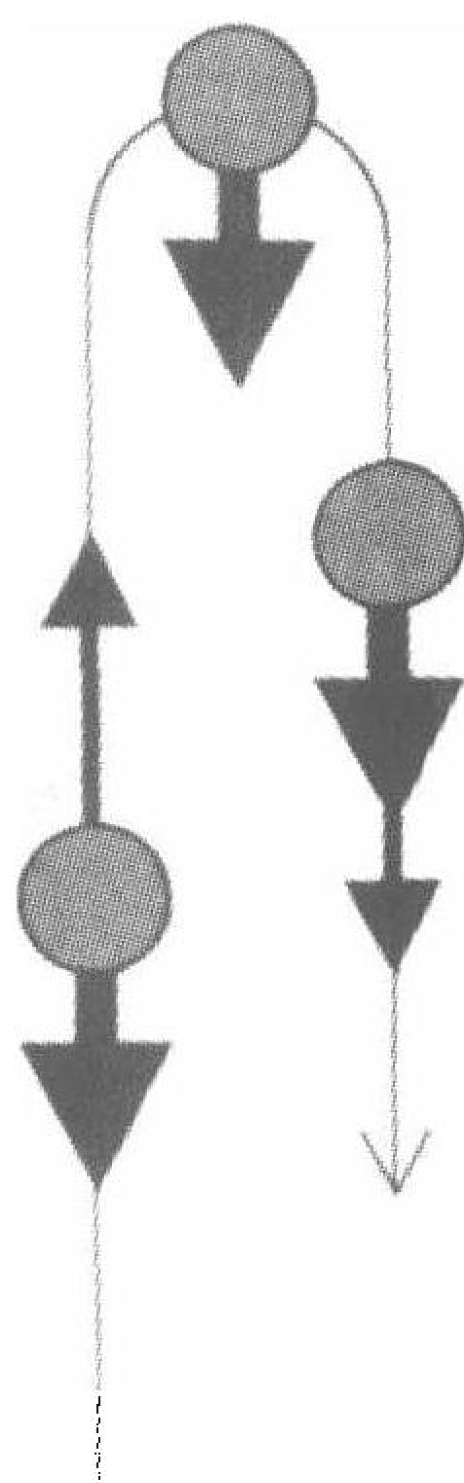


图 16.1　专家解释说抛出后小球只受到一个力的作用（a）重力（粗箭头）使小球速度（细箭头）减少（b）在最高点使速度变为零（c）然后重力使小球加速向下降落。

在概念转变研究开始之前，教师注意到学生难以掌握抛球这类问题。教师可能会将困难归因于物理学的抽象性或复杂性。教学干预包括简化讲解或重复要点

指导。这种针对学生学习难点的教学以简单的接受式学习模式为假设。相比之下，认真地倾听学生的解释会产生令人惊奇的发现。学生并不缺乏描述或解释的能力，但他们所描述的内容与专家描述的内容却有本质的区别。图 16.2 展示了典型的新手的解释：手给小球一个力，驱使小球克服重力向上运动。向上的力慢慢减小，并在最高点达到与重力平衡，然后重力开始控制小球并使其下降。学生似乎有力的先前概念，但它与专家的不同。教学必须关注这些观点并使其发生转变：进入概念转变时期。

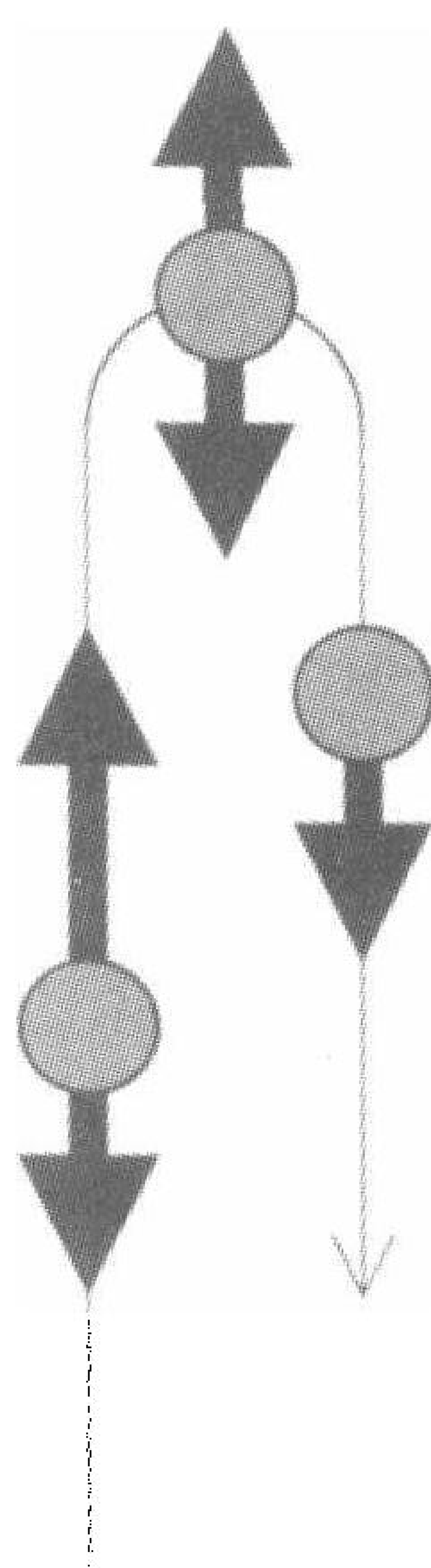


图 16.2　新手解释说抛出后小球受到两个力的作用，(a) 一个向上的克服重力的力，(b) 但是这个力逐渐衰减并且在最高点和重力相平衡，(c) 然后重力开始控制小球并使其下降。

教师应如何对待学生的“迷思概念”呢？在早期的概念转变研究中，大部分研究都假定学生的观点是连贯的、完整的（coherent and integrated）。在这种假定下，教师除了说服学生摆脱原有的观点，接受物理学家的观点外，没有其他选择。不过，有个非常不同的观点逐渐形成并产生了影响。这种观点认为：与其说学生的想法是连贯的整体，不如说可能是由许多准独立（quasi-independent）的成分组成的。与否定学生的概念不同，教师可以仔细挑选学生原有想法中有益成分，通过改进，形成规范的概念。例如，学生注意到在抛出后的最高点，小球达到了平衡。而平衡大致描述了物理学中极为重要的原则（如能量守恒和动量守恒）。类似地，学生认为速度与力成正比。一个巧妙的转变就可以将它转为正确的物理学观点。力不会**直接**改变物体的状态，而是直接作用于中介——速度，速

度改变了物体的状态。最后，这种不正确的解释中向上的“力”并非不存在了，而是转为物理学家所说的动量。

有关学生的朴素观点（naïve ideas）存在两种相反的看法：(1) 观点是连贯的，而且是很完整的；(2) 观点是零散的，能够通过分解、改进重组为正确的物理学观点。这两种看法形成了分水岭，其历史和现状将在本章中占有突出的地位。 267

下面开始叙述概念转变研究的历史。

皮亚杰研究中的预示

皮亚杰和他的同事在儿童发展理解方面作了大量的研究（见 Gruber & Voneche，1977，这本书对他们的研究作了概述），这对概念转变研究产生了重要的影响。知识的哲学观——认识论传统上专注于知识的确定性：“知识是正确的、真实的、可信的。”皮亚杰引入了**发生认识论**(genetic epistemology) 的观点，认为观点和想法是逐渐形成的，并且研究知识和理解的**发展**(evolution) 比研究那种确定的、永恒不变的观点更富有成效。皮亚杰的实证研究形成了一部相当丰富的论文集，该论文集阐述了在许多领域里儿童观点是如何发展的。他的研究团队研究了许多主题：生物（如生存的观点）、物理（如力的概念）、空间和时间的概念［如透视图和同时性（perspective and simultaneity)］、表征（绘画）、分类、逻辑学及其他。他有关生物学的研究对概念转变研究产生了极大的影响。

皮亚杰的一些理论方法渗透到了概念转变研究中。例如，皮亚杰把**平衡**(equilibration) 看作一个关键的机制：新的经验打破原有知识的平衡，新的平衡引起学习者更好、更深入地思考。然而，在很大程度上，皮亚杰的“平衡”观是一个断层，这个断层将他的观点与现代概念转变的研究分离开了。但是这种解释还是太模糊而难以令人满意。

将皮亚杰与大部分概念转变研究分离开的另一个更为明确的断层是：皮亚杰试图建立一个涵盖面广、与领域无关的智力理论，在这个理论中，许多领域的概念转变都反映了思维中共同的、核心的差异。虽然主流观点认为各个领域之间的方法、结构是相似的，但是概念转变的学习方式具有领域特有性。目前，研究者逐渐认为，皮亚杰的认知发展阶段理论也许是他的理论中最著名但却最难以引起兴趣的理论。

268 皮亚杰确立了**构成主义**的主线——主张新的观点和思维方法来源于原有的观点和思维方法。这条基本原则对概念转变研究非常有帮助。皮亚杰削弱了原有的片面观点，这些观点包括：**经验主义者**(empiricist) 认为知识完全源于实验观察［像英国哲学家大卫·休谟（David Hume）所说的那样］；**理性主义者**(rationalist) 认为知识是缜密思考的必然产物，不受实验的约束（像笛卡尔所概括的那

样)。儿童系统的思考方式和成人非常不同这一令人吃惊的发现，与构成主义共同组成了从皮亚杰的研究到概念转变研究的最重要线索。

科学哲学和科学史的影响

与皮亚杰类似，科学史和科学哲学的早期研究对最早的学习科学中的概念转变研究理论产生了巨大的影响。在这里我对托马斯·库恩（Thomas Kuhn）的观点进行评论。对大多数人来说，库恩界定了科学史基本上与概念改变的研究持续相关。然而，在科学史方面，库恩曾遇到过强烈的反对，而且库恩的著作几乎从未代表过那个领域多数人的观点。谈到库恩的反对者，我想说说斯蒂芬·图尔明(Stephen Toulmin)，他预料到了一些重要线索，这些正是普遍用来反对库恩观点的。这个处于“连贯”和“零散”之间的持久的断层（这点我在前面的章节已经介绍过了)，可以追溯到库恩（连贯的）和图尔明（零散的）观点之间的对立。

库恩的科学革命

在库恩的里程碑式的著作《科学革命的结构》(*The Structure of Scientific Revolutions*)（Kuhn，1970）里，他提出了不同于前人的有关科学发展的看法。他认为科学不是增量式地进步，相反，他认为那种普通的“难题—解决”（puzzle-solving）的科学时代，即“常规科学”会不时被革命所打断。激进变革的时期与常规科学的运作方式完全不同。尤其是，整个**专业基体**(disciplinary matrix)[即最早的版本中所提到的含糊但著名的“范式”（paradigm)] 在革命中都发生了转变。什么问题可以算作是突出的问题，怎样鉴定提出的解决方案，什么样的方式是可靠的，哪个符号普遍适用，等等，这些问题在革命中都立刻发生了改变。库恩极巧妙地将科学革命比喻为格式塔转换（gestalt switches)。其中“旧范式”和“新范式”的实践者看待事物的方式完全不同。当连贯的观点迫使许多东西需要立即改变时，格式塔转换就发生了。

库恩用**不可通约性**(incommensurability) 这个术语来阐述他所坚信的不连续性。概念只是用来区分不同的事物。不可通约意味着新的理论不能用旧的术语来陈述，反之亦然。不可通约性建立了概念革命的明确属性，并为它们的问题本质给出了一个理由。同样，库恩的不可通约性理论建立了概念转变研究的持续线索。相反，库恩那些更偏向于社会学方面的观点，如专业基体的重要性，就没有引入到概念转变的研究中。对库恩来说，这具有讽刺性，因为社会学是绝对重要的。库恩对**科学革命**的自我辩护和详细阐述是这样结尾的：

> 科学知识，就像语言一样，本质上具有群体（group）的共同属性，否则就什么也不是。为了理解它，我们有必要认识创造和使用科学知识的群体的具体特征。(p. 208)

在使库恩的理论适用于个体学习时，几乎没有概念转变研究者对该规则进行评论。那些研究者（如：Karmiloff-Smith，1988）的确把它当作是可有可无的。

图尔明对强连贯性的摒弃

269

除了选择性地吸收库恩的观点之外，概念转变研究忽视了科学史中对立的观点。斯蒂芬·图尔明的《人类理解论》（*Human Understanding*）（Toulmin，1972）就是一个非常好的例子。它在库恩的《科学革命的结构》几年之后就出现了，而且这本著作清楚地介绍了"连贯"与"零散"这个断层的另一面。

《人类理解论》开篇进行了广泛的评论，并否定了这种假设，即关于哲学家在科学思考中所假定的系统性（systematicity）（与图尔明用的"coherence"是同义词）的层次和种类。图尔明将"系统性的信仰"（cult of systematicity）追溯到逻辑数学的连贯性（logicomathematical coherence）原型，这种原型由某些数学形式抽象而来，如将欧几里德几何学的观点作为一个公理体系。

在图尔明看来，系统性的假定是有害的。不仅没有适用于所有科学的整体的固定框架（正如哲学家康德所认为的那样），而且，局部框架（特定的理论）是强系统性的这一假设也是无效的。图尔明针对库恩的观点进行了批判。不可通约性的假设过于想当然，是人为的错误假定。强系统性的假设不仅确实是错误的，而且导致了不可通约性的出现，甚至使改变看起来总是很神秘（库恩的"格式塔转换"）。对于一个复杂的、严谨的框架如何"跳转"为新的框架，还没有这方面的描述。

> 与其将自然科学的内容看成是一个严谨连贯的逻辑体系，不如把它看作一个概念的集合体，或"群体"（population），在这里至多有逻辑体系的局限性。(p. 128)

在批评强系统性的背景下，图尔明进行了两项重要的方法上的观察。首先，他主张必须放弃概念转变观点中占优势的"在前和在后"（before and after）的观点。

> 这种方式（反对强系统性）的转变迫使我们放弃所有那些静态的、"快照"式的分析……取而代之的是，我们必须给出一个更为历史的、"电影

片”式的描述…… （p. 85）

图尔明也抱怨对概念转变重要观点论述的不足。

概念是每人都在用但却没有人做出解释的一个术语——仍然缺乏定义。（p. 8）

迷思概念

即使是班里最聪明的孩子也会有错误观点，这些观点是以持久的迷思概念为基础的。传统教学方式难以克服这种迷思概念。[有关一个神秘星系的宣传材料：哈佛－史密森天体物理中心（Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics）（1987），http://www.learner.org/onesheet/series28.html]

学生具有错误的、固执的信念

从20世纪70年代中后期开始，涌现出大量我们称之为“迷思概念”的社会研究，它开启了在教育研究以及包括实验心理学和发展心理学在内的邻近学科领域中的现代概念转变研究。这项研究在80年代早期得到蓬勃发展，并产生了大量的著作，到了90年代早期，尽管它的存在和影响力仍然很强，但规模有所缩小。通过早期的参考书目，我们可以看出它的影响力，这些参考书目毫不夸张地收集了成百上千的研究（Pfundt & Duit，1988）。康弗里（Confrey，1990）对物理、化学和数学中的迷思概念研究作过一个极好的评论。

早期的许多研究都聚焦在物理学上。有三个欧洲学者作出了重要的贡献。R. 德赖弗（R. Driver）、L. 维耶诺（L. Viennot）和A. 蒂贝尔吉恩（A. Tiberghien）作了基础的研究。这些研究常常包括重构的教学干预，有这样一些主题：如小学生对物质的概念，高中生对力和运动的概念以及初中生对温度和热的概念（Driver，1989；Tiberghien，1980；Viennot，1979）。这些研究者和其他研究者发现、论证并在理论上考虑这些“错误信念”（false beliefs），例如“小块物质——比方说，一粒尘埃——没有一点儿重量”，“力产生运动并且速度与力的大小成比例”（与牛顿的学说相反：牛顿力学认为**加速度**与力的大小成正比），以及“热和冷是不同的事物”。

270

在美国，早期重要的迷思概念研究者是D. 霍金斯（D. Hawkins，1978）、J. 克莱门特（J. Clement，1982）、J. 明斯特尔（J. Minstrell，1982）和M. 麦克洛斯基（M. McCloskey，1983a & b）。霍金斯的一个早期的简洁观点指出，错误观点的存在和影响系统地阻碍了科学学习，他称之为“严重障碍”（critical barri-

ers)。描述学生观点的术语多种多样，包括另有概念（alternative conception）、另有架构（alternative framework）、直觉理论（intuitive theory）或朴素理论（naïve theory）以及朴素信念（naïve belief）。尽管如此，“迷思概念”这个词还是使用得最广泛。

迷思概念研究中最有积极影响力的成果之一是它把教育研究的重要性引入到实际的教学中。教育家看到了生动的例子，在这些实例中学生用不规范的方式来回答简单、核心的概念问题，这种较差的表现往往会在教学过程中持续数年并难以消散。人们不必用改进的理论来理解貌似真实的原因：这些是不容易改变的、“根深蒂固”但错误的先前观点。易理解的解决方案往往像前文所说的那样，让学生“克服”，或说服学生放弃先前概念。

这些简单的事实——早期形成的不易改变但错误的观点干扰了学习，并需要克服——推动了迷思概念的许多研究。许多主要的研究者形成了更为精确的观点，有些要素我们在下面的章节来评论。尽管如此，公众的影响与大部分研究者在很大程度上仍然停留在对迷思概念的简单的文献论证层面上：“要克服需要改变的错误观念。”

三条早期的线索

用科学史类比

三条重要并且相关的概念转变研究的线索，在早期的迷思概念研究中几乎同时达到显著的地位。最富有争议并最具普遍影响力的是将学生观点的发展形成与科学史进行类比。苏珊·凯里（Susan Carey，1991，1999）是最早也是最坚定地在儿童概念转变的**境脉**中引用库恩观点的研究者之一。她曾系统地利用概念系统间的不可通约性观点作为概念转变（“深度重构”）的主要指标。不可通约性将概念转变与“丰富”（增加新的观点或观念）或更纯粹的信念转变区分开来。凯里主要研究的是化学，她认为儿童经历了一个自发但重要的概念转变过程（Carey，1985）。“活的”、“真实的”、“有意的”（因为有愿望和期望）及“有生气的”这类概念在儿童形成真正的生物学观念之前是混淆的、模糊的。在生物学中，“活着的”意味着这样一种设想：“身体像机器一样维持着生命”，这显然与心理学及其他领域不同。凯里首先用皮亚杰的方式观察，但她认为智力的领域独立性理论不能解释孩童时期生理上的变化。凯里的研究广泛采用经验主义和理论论证，这尤其在发展心理学家之间构成了颇具影响力的里程碑。

凯里和玛丽安娜·怀泽（Marianne Wiser）在温度和热领域里合作时，出现了一个明显的用科学史来类比的子线索。与科学史相比，在儿童中，不仅结构、关键的属性以及过程（概念、理论、不可通约性、基本的重构）类似或者相同，而且内容上也显著相通。怀泽和凯里（Wiser & Carey，1983）建立了一个案例： 271

朴素的温度和热的概念与早期科学家的观点相对应。

用科学史进行类比已经以多种方式应用。卡米洛夫 - 史密斯（Karmiloff-Smith，1988）否认或不重视儿童发展和科学史的对应性，但她强调转变过程的对应性。同样，纳西希安（Nersessian，1992）提倡应用“认知历史分析法”（cognitive-historical analysis），通过经验的方式确定包括科学家的理论转变在内的过程。这些过程包括步步为营地应用类比和意象模型（imagistic models）的方法、关注实验和极端案例。纳西希安认为可以用同样的过程来帮助在校学生实现概念转变（p. 40）。

理论说

在早期迷思概念研究中出现的第二条线索与用科学史类比很相关。**理论说**（the theory theory）认为儿童或初学者对理论的理解与科学家的理解非常相似。这也许是受更广泛的用科学史类比的启发，它的产生经常独立于内容或过程的相似性。凯里坚持提倡理论说的看法。至于另一个领域——心智理论（theories of mind），艾利森·高普尼克（Allison Gopnik）（Gopnik & Wellman，1994）极力提倡理论说。她极端地主张对应性（parallelism）[虽然她也承认科学家和儿童存在一些差异，如元认知意识（metacognitive awareness）]；其他研究者在承认这种差异性（如应用的系统体系和范围的限制）方面则表现得更为保守（Vosniadou，2002）。大体上，理论说学家站在“连贯”/“零散”这个断层中“连贯”这一边。

迈克尔·麦克洛斯基（1983a，1983b）作了一系列的研究，这些研究也许是迷思概念研究中最著名的。他主张学生带着明显连贯的、表达清晰的理论来学习物理学。在教学中，这些理论与牛顿物理学形成直接的对比。事实上，朴素理论与新手对抛球的解释（图 16.2）非常接近。在麦克洛斯基的理论说里，他也建议将内容与中世纪科学家的观点联系起来，例如约翰·布里丹（John Buridan）的观点和伽利略的主张。与其他研究者不同的是，他几乎不进行转变过程的类比，也没有深入参考库恩理论与科学哲学。他似乎认为科学史的内容联系是经验主义的证据而不是受理论所激发的。

麦克洛斯基的研究产生了难以置信的影响。尽管存在其他人的反论和经验主义的主张，麦克洛斯基的观点还是常常作为权威被引用，用来说明朴素物理学的观点具有很强的连贯性，而在理论上也确实如此（例如，Wellman & Gelman，1992，p. 347）。

概念转变的理性观

早期研究的另一个里程碑是引入概念转变的理性模型（rational models）。理性模型认为，学生就像科学家一样，会坚持当前的观点，除非有更好（理性）

的理由来否定它们。理性是很有争议的观点，常常充斥着西方科学思维优越性的文化暗示，这种思维与那种“原始的”（primitive）非理性的或玄妙的思维是对立的。

波斯纳、斯特赖克、休森和格特佐格（Posner，Strike，Hewson，& Gertzog，1982）建立了理性模型的第一个并且可能是最重要的标准。他们认为学生和科学家只在满足以下条件时才改变他们的概念体系：（1）**不满足**于自己先前的概念（用库恩的话来说就是经历了“大量反常的事物”）；（2）新的概念是**可理解的**；（3）新的概念不仅应当是可理解的，而且是**貌似合理的**；（4）新的概念对后续的工作是**富有成效的**[用拉卡托斯（Lakatos，1970）的话来说就是：应当对**进步的范式**(progressing paradigm）有贡献]。

波斯纳等人的研究框架与科学史上有关研究的关系是复杂的，它同时吸收了库恩和拉卡托斯两者的观点，尽管后者强烈批判库恩放弃了理性的“暴民统治”（mob rule）模式，并且将库恩的社会学框架转换到学生个体上绝非易事。波斯纳等人也吸收了库恩的反对者图尔明的“概念生态学”（conceptual ecology）的合理观点［与“逻辑体系”（logical system）相对立］。 272

之后对概念转变的理性模型的看法（Strike & Posner，1990）回顾了纯粹理性的框架，承认了动机和其他类似因素的重要性，也接受了减少阐述和减少编码形式的建议（例如意象形式或动作形式）。

尽管波斯纳等人一直反对这种观点：他们的框架是认识论上的，而没有直接反映心理学上的真实，并且进一步地说，这个框架也难以提供教学的图式（如，建立这些条件作为概念转变的先决条件），但许多科学教育者受此启发，围绕这个框架来组织教学（如，Smith 等，1997）。有些教育者甚至明确地向学生介绍波斯纳等人的框架（Hewson & Hennessey，1992）。

评价迷思概念运动

积极的贡献

1. 迷思概念突出定性理解和解释的重要性，反对单纯强调定量问题解决能力这一历史背景。

2. 迷思概念让构成主义者在教学中思考学习显得非常重要，这与先前的“白板”获得学习模式相反。

3. 迷思概念提供了一个教学问题的关注点以及达标的新尺度。它减少了对具有领域普遍性（domain-general）的学生难点（如，皮亚杰的阶段理论）的关注，转而强调领域特有性（domain specific）。

消极的影响

1. 由于认可重要的例外情况，大部分迷思概念研究相对缺乏理论发展或检验。迷思概念的深度常常是难于测定的。一个基本的问题没有提及：从表面上来判断，多数学生给出的一个错误回答是否总是可以算作一个“概念”。

2. 迷思概念研究极力强调先前知识的消极贡献。极少有人认为原有概念提供了丰富的资源。

3. 紧接着第2条，很少讨论如何学习是切实可行的。

4. 迷思概念的研究促使理论说观点和“冲突”教学模式占据主导地位（例如，波斯纳等人框架的第1条；又见 McCloskey, 1983a，或 Hewson & Hewson, 1983）。

参考史密斯、迪塞萨和罗斯切利（Roschelle, 1993）的著作可获知更多对迷思概念运动的分析。

超越迷思概念

我的评论研究从三个范畴来探讨对迷思概念的超越：详细阐述特定领域里概念转变的内容分析；“零散知识”（knowledge in pieces）；理论发展。

特定领域的概念转变

具体来说，学生或儿童在某个特定的年龄对某个特定领域了解什么？有些始于迷思概念研究鼎盛时期的研究线路一直在提出与回答这样的问题，这比以前的更为精确，更具有实证支持。

有两个领域在发展研究方面很突出：朴素心理学（naïve psychology）和朴素生物学（naïve biology）。尤其是朴素生物学，在一定程度上借助于真实的、互相影响的研究者共同体（Carey, Keil, Hatano, Inagaki, Atran, 以及其他研究者）向前发展。这些研究者分享创新的方式，并在彼此观点上进行批判和建构。

273

那么，儿童对于生物学知道哪些呢？学习是观点的增加或丰富，还是正好相反？学习包括“基本的重构”吗？这是真正的概念转变吗？凯里（Carey, 1985, 1986）认为儿童时期的生物学概念转变非常特别。凯里坚持认为“动物”这个概念在儿童时期的心理学理论中已存在。例如，在儿童的感知觉和有意图的活动中，动物与没有生命的物体是截然不同的。她认为，由于几乎完全忽视了身体的机能，儿童时期的生物学到了10岁左右才建立起来，而且它表现了一个源自先前的心理学观点的概念转变。

生物学知识的发展研究修正并改进了凯里的观点，并且提供了相当丰富的有

关生物学知识突现的观点。两位主要的改革者是弗兰克·基尔（Frank Keil）和波多野谊余夫（Giyoo Hatano）［以及他的合作伙伴，稻垣佳世子（Kayoko Inagaki)］。这些研究者将生物学思考中明显的突现往前推了至少六年。基尔开展了一个广泛的项目，从多条线路使儿童脱离对生物学现象的敏感，包括动物的生物学本质、遗传、生物传染以及生物体“内部”特有的属性。在之后的类别里，基尔（Keli，1994）指出四岁或更小的儿童预料到石头内部是无序的，而植物和动物的内部是更有组织的。在他的一项研究中，基尔指出年幼的儿童认为可以通过涂漆或其他的方式将臭鼬变成浣熊，然而稍大一点的儿童（但还是小于六岁）则认为这样的做法不能从根本上改变动物，并指出决定动物本质的是亲本和后代，而不是看得见的形状或行为。

稻垣和波多野（Inagak & Hatano，2002）通过描述一个他们称之为**生机论生物学**(vitalist biology）的核心理论引入了一种对早期生物学新的分类层次。在这个理论里，吸收和应用一些含糊但重要的“力”（force）来说明动物的（以及之后植物的）活动、健康和生长。他们的实验建立了早至六岁儿童的生机论生物学（甚至更早）。波多野、稻垣和基尔主张并且拿出数据来反驳凯里早期所主张的生物学源自心理学的观点，改变了先前心理学上的“动物”和“活着的”概念。稻垣和波多野认为并发的转变——从生机论生物学到机械论生物学——在儿童时期建立了一个真正的概念转变。

零散知识

理论说这条线索支配着朴素生物学（以及朴素心理学）研究。它代表了“连贯”/“零散”这个断层中“连贯”这一面。本部分介绍一条历史线索，我称之为“零散知识”，它站在“零散”这一面。明斯特尔（Minstrell）和我都是零散知识的早期提倡者。因而我们推进了图尔明对连贯性的批判。

从教学的角度来看，明斯特尔（Minstrell，1982，1989）将直觉观点看作是资源而不是物理学中概念转变的障碍。这与迷思概念中占支配地位的那些观点不同。他将直觉观点描述如下：需要重新编排组合成一个不同的、更强的、更规范的概念结构，而不是抛弃它。最近的研究已经用图表描绘出成百上千个物理教学主题里的“面”（facets）——这些是学生在进入教学之前持有的、基本的并与教学相关的观点（Hunt & Minstrell，1994)。在这些观点里看不到连贯的朴素理论。

在一本书中，麦克洛斯基给出了他对“朴素理论”的明确阐述。在同一本书中，我（diSessa，1983）引入了一个观点，认为直觉物理学包含了大量的、成千上万的要素，我称之为现象本原（p-prims)。这大概属于明斯特尔的“面”的范畴内。现象本原是解释性的原点（explanatorily primitive)，它使人们理解哪

274

些事件是正常的，哪些是令人惊讶的，及其原因。现象本原是众多的、组织松散的，并且有时是高度**境脉化**的，因而“理论”这个词就显得很不贴切了。现象本原假设在物理学习中扮演着许多有效的角色。例如，“欧姆的现象本原”(Ohm's p-prims) 规定更多的努力会产生更多的结果，而阻力较大的努力产生的结果较少。欧姆的现象本原应用在非常广阔的场景下，包括移动日常物体［这里大小可能是“阻力”(resistance) 变量］，以及个人心理学（面对失败时作出“更大的努力”的原因）。并且欧姆的现象本原解决了电路理论里欧姆定理的相关学习。新手对抛球问题（图 16.2）的解释中有几个有效的元素——如平衡，就属于现象本原。

零散知识的观点存在于各个学科中，但发展心理学却忽视了这点。即使在早期的教育研究中，概念转变研究综合体（syntheses）强调理论说的视角，而把研究者所支持的零散观点看作少数人的看法（例如，Driver，1989；Smith et al.，1997）。与零散知识观点相比，理论说的历史有更多的评论（diSessa，Gillespie，& Esterly，2004）。

尽管如此，零散知识的观点逐渐成为主流，至少在教育界是如此。例如，马西娅·林（Marcia Linn）详细阐述了作为教学框架的“脚手架式的知识整合”（见 Linn，本书）。这种观点明确地承认了直觉观点的多样性，而整合（增强系统性）实际上是界定概念改进（conceptual advancement）。

理论的片断

我很早就提到概念转变研究就像万花筒一样千变万化，许多线索通过多种方式结合成不同的理论观点。本部分以解释大量理论线索的方式来概述概念转变的理论点。一种方式是选择几个重要的理论家让他们详述自己的观点，但这种方式所产生的概念转变的理论观点会缺乏具有广度和富有启发性的看法。

我将讨论两组理论问题。第一，包含在概念转变中的心智实体（mental entities）是什么？它们是怎样组织的？第二，为什么概念转变很难发生？概念转变到底是如何发生的？

概念转变的实体与体系

概念转变中什么发生了改变？答案显然是“概念”。然而，对于这个领域所奉行的多样性假设而言，这个答案不太合理。

凯里早期提倡的一个视角提供了一个极好的切入点。凯里（Carey，1986）将概念和信念（beliefs）区分开来。信念是相关的实体。例如，“人是动物”涉及两个重要的概念：人和动物；牛顿定律（可以用 $F=ma$ 来概括）与力、质量和加速度这几个概念相关。凯里认为信念改变相对容易，而改变的难点在于恰好

体现信念的那个概念上。当儿童最终相信人是动物时，就意味着他们形成了一个完全不同的关于动物的概念。这与他们早期的信念形成对比。

如前文所述，凯里是理论说这一观点的拥护者。概念和信念是更大范围体系——直觉理论的要素，该理论强有力地约束了概念，因而也约束了信念。概括地说，大部分概念转变的理论**嵌套**(nest) 在理解里，理解至少包含两个层次(实体和体系)，而且包含在更高层次的相关约束是关键的；这些相关约束限制了个人的概念和信念，因而额外的转变是很困难或不可能的。当然，这将我们直接引入了“连贯”对“零散”对比的断层的核心。如果相关的约束太紧，那么转变的困难将是不可逾越的。因而，大量的研究停留在体系层面的关系上，这是凯里案例中的一个理论。

275

我将提到其他三个嵌套式理论（nested theories）。沃斯纳多（Vosniadou）提出了其中两种理论。在研究儿童的地球形状模型中，她指出了模糊但非常持久的**架构理论**(framework theory)。当儿童被问到关于地球形状的问题时，他们的架构理论将具体模型的产生限制在少数可能性中。因而，在这个案例中，**模型**嵌入在（架构）理论中，并为其所限制。模型改变相对容易，但是架构理论的改变却需要花费很长的时间。在最近更多的研究中，沃斯纳多将她的理论扩展到解决力和运动的问题。在约安奈德斯和沃斯纳多（Ioannides & Vosniadou，2002）的研究中，架构理论约束了如“力”这个概念的意义（而不是模型），而且更高的、相关的层次（理论）仍然是转变中困难的焦点。

基尔（Keil，1994）引入**识解模式**(modes of construal) 的观点作为体系层面更弱的解释理论。识解模式弱化了假设的相关结构，同样也提出了有些思考方式跨越了核心领域边界的问题。例如，目的论（目的指向的）思考的本质在心理学。然而，从目的角度来说，思考在朴素生物学里是非常重要的：“手指是用来拾东西的；心脏是输送血液的。”

第三个嵌套式的概念转变观点包括概念作为实体，但更高的层次是本体论，而不是理论。米什莱恩·齐（Micheline Chi，1992）设想概念受他们假定的本体论属性所约束。她的早期研究主张直觉物理学在很大程度上与物质本体论密切相关，而牛顿的物理学主要基于的本体论——“基于约束的过程”与物质非常不同（constraint-based processes）。转变本体论，就像转变理论一样，是非常困难的。往往必须先发展新的本体论，然后新的概念或根本的概念修正才能在新的本体论里更自然地发展。

与理论说观点相比，零散知识的支持者倾向于更少地依赖科学史和科学哲学的术语（概念、理论、本体论）。我在自己的研究里，用了一系列的构造物，每个构造物都有自己的定义和模式：从低层次到高层次依次是：“现象本原”(p-prims)、“名义上的事实”（nominal facts)、“叙述”（narratives)、“心智模式”（mental models）和“协调种类”（coordination classes）（diSessa，1996；

diSessa & Wagner，2005）。一个协调种类就是某类概念的显性模式。协调种类是复杂的体系，包括许多协调的部分，包含现象本原。概念转变观点的一个显著特征是多种认知类型的多级嵌套：现象本原嵌套在协调种类（概念）里，而协调种类——连同心智模式和其他实体——组成了学生的“概念生态系统”。源于嵌套的限制也存在于这个观点中，但是它们是多样（依照系统里具体的实体和层次）且不牢固的（与“逻辑连贯性”相比）。参见迪塞萨和瓦格纳（diSessa & Wagner，2005）对应用协调种类模式的研究所作的评论。

限制模式和转变

根据库恩的理论，不可通约性成了转变中的困难所在。根据不可通约性观点，在各种情况下概念转变是如何发生的？受科学史的启发，研究者建议把这个机制看成类比和意象模型的应用。一个共同的假设是：区分混合的初始概念（温度和热的概念变得清晰化）和合并旧的类别（植物和动物加入到生物这个类中）是分类（generic）过程，这个过程必须发生在超越不可通约性的过程中（Carey，1986 & 1999；Smith et al.，1997）。

276 零散知识促成了有关转变的困难和可行方法的更为广泛的假设。有关嵌套式模式的具体看法提供了困难的种类和具体的解决方法。尽管如此，更普遍的困难类型是收集和协调大量的元素，并整合成新的组织系统。例如，协调种类模式提出一个概念的应用应包括不同情况下不同的知识。不仅收集大量情境特有的（situation-specific）知识应用到不同的情境是必要的，而且确保概念以相同的方式在不同的情境下起作用也存在着问题并且耗费时间。零散知识视角与众不同的特征是在以下两种情形下转变困难的原因也许是相同的：一种情形是概念结构的发展从无到有；相对的，另一种情形则是概念体系由不同的体系（理论转变）发展而来。不管先前的竞争体系是否存在，收集和协调各种元素都是困难的。事实上，相对于朴素观点来说，一个关键的困难也许是创建一个全新的范围与连贯。

令人吃惊的是，尽管没有多少证据证明理性模式可以解决概念转变的问题，但它仍被看好。高普尼克和韦尔曼（Gopnik & Wellman，1994）与波斯纳等人提到的元素大部分相同，包括对立证据的积累和存在可理解的、合理的替代者这一条件。在阻碍或阻力方面，他们提到准理性（quasi-rational）的方法，它与专业的科学相呼应，例如否认转变的必要性和通过辅助假设的形成来拒绝深层的转变。

正如我提到的，虽然皮亚杰的平衡理论已经不那么流行了，但一些新的看法出现了。例如，稻垣和波多野（Inagaki & Hatano，2002，pp. 173 - 175）提出了概念转变的两种模式。在这两种模式中，新的观点打乱了原有观点的连贯性，而且连贯性的重构促进了概念转变。也可参考约安奈德斯和沃斯纳多（Ioannides & Vosniadou，2002，p. 58）的观点。

教学和直觉认识论

本部分提到的问题在这里难以详细阐述。概念转变研究的首要价值在于促进教学。理论说的观点和零散知识的观点提出的策略和方法差异很大（例如，理性决策相对于长期的多境脉的积累和协调）。但是，对干预进行评价并没有起到决定性作用。原因如下所述：

1. 教学是设计和理论的复杂混合体，良好的直觉设计可以忽略理论对成功方式的限定与解释。几乎所有人都指出创新性干预起作用，但几乎没有人作进一步努力使其从根本上与旧的教学方式区分开来。

2. 构成主义者常用的关注朴素观点的启发式教学法似乎很有用，它不依赖于概念转变理论的细节。那些仅仅教导老师懂得朴素观点的干预已经取得了惊人的成功。

3. 即使基于不同的原因，持不同理论的研究者也常常提倡相似的教学策略。不管是抽取和重组朴素知识的元素，还是让学生将其原有理论与教授的观点进行比较，零散知识的支持者和理论说的拥护者都提倡学生讨论。教学类比、隐喻和可视化模式是广泛应用的，而不是理论特有的。

4. 许多或大部分的干预主要依赖于前测与后测，这对评价具体的概念转变过程的作用很小。

277

“直觉认识论”关注儿童或学生如何看待知识的本性。波斯纳等人曾提到学生认识论的态度，它与合理性很相关。此后，大量的文献提出了有关“学生对知识的观点”的不同看法，而且很明显，这些文献产生了强有力的影响（参考 Sinatra & Pintrich，2002；Hofer & Pintrich，2002）。

最后，概念转变有它自己特有的社会文化背景，如文化对直觉理论的贡献。在这里，我简单提到概念发展的社会文化观点至少应与这里描述的认知的或个人的观点相兼容，反之亦然。

描绘前沿发展

最后，我给出一些有关概念转变的近期研究的建议。我把关注的焦点放在“连贯”与“零散”对比的这个断层上，以及一套更为普遍的近期研究的建议。

连贯：主要的断层

从历史的观点出发，我根据库恩和图尔明之间的争论引出了连贯与零散相对立的问题。库恩对概念转变的研究产生了深远的影响，而图尔明的影响则很小。

图尔明强调了被过高评价的系统性存在的问题，并提出我们需要重新考虑它。库恩激发了概念转变研究中理论转变的观点，其中不同理论的连贯性为实质性的不可通约性做了准备，因而需要考虑整体的改变。连贯性是理论家的格言，它是公认的将朴素理论和其他形式的知识区分开来的界定属性（如，Wellman & Gelman，1992），而且在广泛的概念转变研究中，连贯属于最常见的描述朴素概念的形容词。然而，很少有明确的连贯模式，并且仍然缺乏检验模式的实验研究。

在概念转变研究中并没有很好地阐述这个断层。尤其在发展心理学中，理论说对连贯的约定已经动摇。许多有影响的研究者完全忽视了这个问题，而其他研究者简单提到了零散的观点，并看作是“少数人的看法”。还有些研究者，如齐（Chi，1992，p. 161），认为这个问题不重要而不予重视。

尽管如此，这种趋势似乎正在发生转变，体现在如何面对问题与争论的重心两个方面。最近的研究明确地提供了经验或理论的证据以及对朴素观点连贯性的反驳（Ioannides & Vosniadou，2002；diSessa et al.，2004）。在教育研究中，占支配地位的赞成零散说的看上去很活跃。林的教学框架和明斯特尔对物理学习的“面”的分析，已经得到了广阔地发展并产生了大量的教学实践。然而还没有哪个基于直觉理论观点的看法超越了研究原型。例如，非“朴素理论”已经对物理学中大范围的基于经验的课程发展产生了影响（例如，McDermott et al.，2002）。最后，直觉认识论的趋势似乎直接指向零散知识的观点，而远离“知识的直觉理论”（Hammer & Elby，2002）。

尽管许多研究者从事朴素理论的观点研究，有关直觉生物学内容的现代观点有逐渐削弱强系统性的趋势。尤其是由基尔和其他人发展的生物学知识的多条线索回避了彼此之间连贯性的程度这一问题。正如稻垣和波多野所描述的，生机论（vitalism）只是朴素生物学的一部分，而不是完整的、普遍存在的理论。而定义直觉生物学机械论阶段的“理论”不是以简洁为特征，也不是观察测量的连贯性。稻垣和波多野提出了比朴素理论更为原始简单的对生物学推理的方式（例如，基于相似之处而不是基于生物学的分类）会持续到成人期。成人同样长期持有生机论，其过渡到机械论生物学的时间比所预料的要晚。这与强连贯性理论及格式塔转换是如何协调一致的？

278

解决“连贯”/“零散”的争论需要理论的发展。我们需要更好的认知模式以及模式与证据之间更准确的协调。来源于科学史的理论隐喻含糊不清地涉及知识体系的强系统性和弱系统性，正如库恩和图尔明的争论所例证的（即使理论说强调连贯）。“理论有各自的领域，是抽象的，定义了有特色的解释性本体论，并且是连贯的”等诸如此类的说明就像认知模式一样含糊不清。这个领域必须做得更好。

“连贯”和“零散”的争论是微妙的。没有人会认为儿童对物理学或生物学

等学科的思考是完全没有系统性的。此外，所有有关科学能力的现有观点，当学生真正获得时，必须具有大量的系统性（见 diSessa，1993，源自零散知识观点的系统性的出现）。主要的问题还是**本质的说明和系统性的程度**。一个妥善的解决方案是：更准确的模式和用经验主义的方式更好地限定它们的参数。

近期研究的热点

这篇评论的目的在于给读者准备：（a）理解概念转变的历史和现状；（b）帮助研究者找到未来研究的有效途径。以下是一系列建议：

1. **详细说明概念领域中内容的发展**。例如，朴素生物学丰富的实验研究提供了多样的资源，用来发展和检验概念转变理论。此外，教育应用将同样依赖于一般理论图式和内容细节。

2. **假定领域变量，并用实验验证共性（或难于处理的差异）**。几乎所有的概念转变研究都使领域达到理论上的均衡。但是，要从三种体制（regimes）上考虑概念能力的属性。

（a）婴儿也许对某些事件感到吃惊（研究婴儿概念化的核心方法论），但是图式应用的范围有很高的不确定性。数据显示了一个长期的、逐步出现的过程（例如，成年人有关重力的常识），并且不能简单地认为“概念”的属性包含许多从婴儿到成年人都有的相同理解。

（b）学前儿童和小学生将大量观察和观点整合进他们的朴素生物学中，这的确远不如婴儿的因果推论更具有先天性指导。概念发展的原则和“概念”的意义，这两个层面上的发展是完全可比的吗？

（c）学习物理学中力的概念几乎必定基于最丰富、最直接有用（在日常的行为里）的朴素领域之一。与其他领域相比，这种境脉上的差异难道不是发展的必然吗？力的概念的教学应用境脉是“高度强调”的（high stress），在此延伸的一系列问题要求进行准确的、还原的、定量的分析。与低强调地（low-stress）应用朴素生物学对生物世界进行粗略的现成的理解相比，这个事实与概念发展的本质不相关吗？

3. **发展清晰的构建模型，如“概念”和“理论”，并用数据检验它们；模型需要突出相关的结构（连贯性）**。研究者需要保证自己的具体结构有具体的意义。一个“不易改变的信念”是什么？自图尔明抱怨没有人解释概念到底是什么以来，我们还没有取得足够的进展。我也强调在朴素的和所教授的能力中理解连贯的本质和层次的重要性。 279

4. **接受实体模型的确认过程的挑战，并改变这模型**。图尔明预见性地赞成抛弃概念转变的快照模型（snapshot model）和快照式的理论转变。每个人都认为改变是缓慢的；但目前还没有模式可用来追踪这个缓慢的过程。

5. **使境脉化成为关注的核心**。直觉物理学研究的主要部分常常表现出对问题**境脉**、问题设计、形式（观察、提取、通过）等的敏感依赖（diSessa et al., 2004）。在朴素生物学里，试验对象只有在受到很明显的刺激时才会显示出早期生机论者的刺激感受性。这对于儿童“理论”的性质是不合逻辑的吗？在这里提供一个可对比的例子，这个例子来自于物理课——清晰表达并“高度强调”应用所教的力的概念，在那里诸如“学生只在受到提示时才考虑应用 $F = ma$”的主张是不可接受的。更普遍的是，发展研究总是指出一种思考方式干扰其他方式（例如，心理学干扰生物学；或重量干扰密度）。干扰何时发生？为什么发生？一般的含义是什么？

参考文献

Baillargeon, R. (1986). Representing the existence and the location of hidden objects: Object permanence in 6-and 8-month infants. *Cognition*, 23, 21 – 41.

280 Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood.* Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.

Carey, S. (1986). Reorganization of knowledge in the course of acquisition. In S. Strauss (Ed.) *Ontogeny and phylogeny of human development.* Norwood, NJ: Ablex.

Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change? In S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind* (pp. 257 – 291). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Carey, S. (1999). Sources of conceptual change. In E. Scholnick, K. Nelson, S. Gelman, & P. Miller (Eds.), *Conceptual development: Piaget's legacy* (pp. 293 – 326). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Chi, M. T. H. (1992) Conceptual change across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In F. Giere (Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (pp. 129 – 160). Minneapolis: Unirersity of Minnesota Press.

Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50 (1), 66 – 71.

Confrey, J. (1990). A review of the research on student conceptions in mathematics, science, and programming. In C. Cazden (Ed.), *Review of Research in Education*, 16 (pp. 3 – 56). Washington, DC: American Educational Research Association.

diSessa, A. A. (1983). Phenomenology and the evolution of intuition. In D. Gentner and A. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 15 – 33.) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and instruction*, 10 (2 – 3), 105 – 225; Responses to commentary, 261 – 280. (*Cognition and Instruction*, Monograph No. 1.)

diSessa, A. A. (1996). What do "just plain folk" know about physics? In D. R. Olson and N. Torrance (Eds.), *The handbook of education and human development: New models of learning, teaching, and schooling.* Oxford: Blackwell, 709 – 730.

diSessa, A. A., Gillespie, N., & Esterly, J. (2004). Coherence vs. fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28, 843 – 900.

diSessa, A. A., & Wagner, J. F. (2005). What coordination has to say about transfer. In J. Mestre (Ed.), *Transfer of learning from a modern multi-disciplinary perspective* (pp. 121 – 154). Greenwich, CT: Information Age Publishin.

Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11, 481 – 490.

Goody, J. (1977) *The domestication of the savage mind.* Cambridge: Cambridge University Press.

Gopnik, A., & H. M. Wellman (1994). The theory theory. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 257 – 293). New York: Cambridge University Press.

Gruber, H., & Voneche, J. (1977). *The essential Piaget.* New York: Basic Books.

Hammer, D., & Elby, A. (2002). On the form of a personal epistemology. In B. Hofer, & P. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology* (pp. 169 – 190). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (1987). *A private universe.* Video. Annenberg/CPB: http://www.learner.org.

Hawkins, D. (1978) Critical barriers to science learning, *Outlook*, 29, 3 – 23.

Hewson, P., & Hennessey, M. G. (1992). Making status explicit: A case study of conceptual change. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical and empirical studies* (pp. 176 – 187). Kiel, Germany: IPN.

Hewson, W. H., & Hewson, M. G. A. (1983). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1 – 13.

Hofer, B., & Pintrich, P. (2002). *Personal epistemology.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hunt, E., & Minstrell, J. (1994). A cognitive approach to the teaching of physics. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 51 – 74). Cambridge, MA: MIT Press.

Inagaki, K., & Hatano, G. (2002). *Young children's naive thinking about the biological world.* New York: Psychology Press.

Ioannides, C., & Vosniadou, C. (2002). The changing meanings of force. *Cognitive Science Quarterly*, 2, 5 – 61.

Karmiloff-Smith, A. (1988). The child as a theoretician, not an inductivist. *Mind and Language* 3 (3), 183 – 195.

Keil, F. (1994). The birth and nurturance of concepts by domains: The origins of concepts of living things. In L. Hirschfeld & S. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 234 – 254). Cambridge: Cambridge University Press.

Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions* (2nd ed.). Chicago: University of Chicago Press.

Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge* (pp. 91 – 196). London: Cambridge University Press.

McCloskey, M. (1983a). Naive theories of motion. In D. Gentner and A. Stevens (Eds.) *Mental Models* (pp. 299 – 323). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

McCloskey, M. (1983b, April). Intuitive physics. *Scientific American*, 122 – 130.

McDermott, L., Shaffer, P., et al., (2002). *Tutorials in introductory physics.* Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Minstrell, J. (1982). Explaining the "at rest" condition of an object. *The Physics Teacher*, 20, 10 – 14.

Minstrell, J. (1989). Teaching science for understanding. In L. Resnick, & L. Klopfer (Eds.), *Toward the thinking curriculum* (pp. 129 – 149). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Nersessian, N. (1992). How do scientists think? In F. Giere (Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (pp. 3 – 44). Minneapolis: University of Minnesota Press.

Pfundt, H., & Duit, R. (1988). *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education.* (2nd ed.). Kiel, Germany: IPN.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2), 211 – 227.

Sinatra, G., & Pintrich, P. (2002). *Intentional conceptual change.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Smith, C. Maclin, D., Grosslight, L., & Davis, H. (1997). Teaching for understanding: A study of students' preinstruction theories of matter and a comparison of the effectiveness of two approaches to teaching about matter and density. *Cognition and Instruction*, 15, 317 – 393.

Smith, J. P., diSessa, A. A., & Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *Journal of the Learning Sciences*, 3 (2), 115 – 163.

Spelke, E. S., Phillips, A., & Woodword, A. (1995). Infants' knowledge of object motion and human action. In D. Sperber, D. Premack, & A Premack (Eds.), *Causal cognition: A multidisciplinary debate* (pp. 44 – 78). Oxford: Clarendon Press.

Strike, K. A., & Posner, G. J. (1990). A revisionist theory of conceptual change. In R. Duschl & R. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive science, and educational theory and practice* (pp. 147 – 176). Albany: SUNY Press.

Thagard, P. (2000). *Coherence in thought and action.* Cambridge, MA: MIT Press.

Tiberghien, A. (1980). Modes and conditions of learning: The learning of some aspects of the concept of heat. In W. Archenhold, R. Driver, A. Orton, & C. Wood-Robinson (Eds.), *Cognitive development research in science and mathematics: Proceedings of an international symposium* (pp. 288 – 309). Leeds: University of Leeds.

Toulmin, S. (1972). *Human understanding.* Vol. 1. Oxford: Clarendon Press.

Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, 205 – 221.

Vosniadou, S. (2002). On the nature of naïve physics. In M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 61 – 76). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Wellman, H., & Gelman, S. (1992). Cognitive development: Foundational theories of core domains. *Annual Review of Psychology*, 43, 337 – 375.

Wiser, M., & Carey, S. (1983). When heat and temperature were one. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 267 – 298). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

第17章

283

学习中的空间表征和意象

丹尼尔·L. 施瓦茨，朱莉·海泽

恰当地使用空间表征（spatial representations），可以支持阅读、数学和科学的学习，空间表征也能仿真心理情况，实现可视化，以促进创新和科学发现。空间表征，包括外部图像和内部图像，拓展了人们复杂的知觉—运动系统（perceptual-motor system）。在知觉的过程中，思维的外显预示了学习内涵。在这一章中，我们重点强调空间表征，人们可以从思维的视角对空间表征进行建构和转换。我们把带有这些心理空间表征的过程称为**意象**(imagery)。

空间表征不同于学习科学研究中认知表征的形式（如语言上的、概念上的、逻辑上的表征），因为空间表征同时包含知觉的过程和经验。例如，神经学研究表明：当人们进行意象活动时，大脑知觉区域也会有相应的活动（Kosslyn，1994）。然而，空间表征不仅仅是一种知觉回应，它们也能整合非知觉的知识，这些非知觉知识促使人们去意象他们没有见过的东西。空间表征具有四个重要的特性（properties），这些属性决定了它们独特的教育价值。首先，我们简要回顾一下早期心理学空间记忆方面的研究，然后介绍这四个主要属性。我们将展示如何通过心理模型和仿真用这些属性帮助人们认识这个世界。最后，我们讨论帮助人们通过意象产生新观点和科学洞察力的方法。

空间表征变得尤为特殊

学习中的大多数检验空间表征的灵感首先来自于图片（pictorial）记忆。在人类大脑中存储着大量的图片记忆。在一个具有重要意义的研究中，斯坦丁（Standing，1973）5天中给人们展示了1万张图片（这相当于每隔15秒展示一张图片，每天展示整整8个小时，这样持续5天时间！）。之后，把一些没看过的新图片和展示过的图片相互掺杂再次呈现给人们时，人们正确地辨别展现过的图片的几率是83%，但对于那些展示过的生动活泼的图片，正确辨识率更高。斯坦丁推测，如果人们看到了100百万张生动的图片，他们大概在最近的一个学期

284

内能辨识 986 300 张，一年后能辨识 731 400 张。这个推测远远超过了对单词和句子的记忆数量（Shepard，1967）。因此，视觉是帮助学生记忆的一种很有效的方法。

派威尔（Paivio，1986）的“双重编码”假说就是对此类记忆的一种解说。当人们看到一个视觉场景时，在头脑里会呈现对场景内容的一种解释。图片会在记忆中产生一个知觉编码（perceptual code）和一个言语编码（verb code），这就大大增加了再提取的几率。此外，知觉和言语表征还可以混合。例如，古希腊人创造了一种演讲的位置记忆法（Method of Loci）。演说家之所以能够记住很长的演说词，是因为他们将演说词的各个部分和通往大教堂的标准路线上的物体联系起来了。通过记忆前往大教堂路上的物体，从而记忆演说的内容。早前，鲍尔、卡林和迪克（Bower，Karlin，& Dueck，1975）进行了这样一个实验：给人们一些无意义的图像，其中一些带有描述性文字，另一些没有（例如“在电话亭里一个小孩在玩小喇叭”）。结果表明：看过描述性文字的被试更加容易回忆和再现出这些图像。双重编码假说认为心理空间表征不是头脑中简单的图像，而是可以被其他心理过程所改变的。例如，史蒂文斯和库普（Stevens & Coupe，1978）发现生活在波兰桑河区域的人们判断雷诺市在他们的东边，实际上这是错误的。之所以会判断出错，是因为他们简单地把波兰桑河看成了一个沿海城市，而把雷诺市看成是个内陆城市。但是从积极的方面来看，合成知觉和言语信息的能力对学习的确是很有价值的，例如，阅读一篇具有启发性的小说的时候。

近 30 年的研究从巨大的记忆效果和它们对言语信息的渗透性着手，已经揭示了有关学习的空间表征的一些明显特征。近来更多的研究发现空间表征和意象也支持理解（本章接下来将对此进行介绍）。四种知觉属性使空间表征对思考和学习有着尤为特殊的作用。

空间表征的独特属性

无论是外部的还是内部的空间信息表征都主要存放在知觉系统中。知觉系统有一个结构，这个结构能够进行具体的空间计算。意象是知觉经验的表征，因此，它继承了知觉结构来完成计算，而这种计算用语言是很难完成的。如果知道哪种计算意象可完美地完成计算，我们就可以帮助人们确定何时在教育中利用空间材料和空间过程。与教育密切相关的这四个知觉属性，分别是简易性结构（effortless structure）、决定论（deteminism）、知觉—动作匹配（Perception-action coupling）和预解释（pre-interpretation）。

知觉的这四个属性具有普遍的意义，应该与知觉经验区别开来。知觉经验是需要学习才能获得的。例如，所有人都很了解生活的这个世界，但并不是所有人

都能准确地说出1美分硬币表面是什么样的。尼克森和亚当斯（Nickerson & Adams，1979）发现只有42%的被试能够从14个不同的变体中选出正确的1美分硬币图案。这些美国人已经经手数以千计的一美分硬币，但他们从来没有学会如何好好地辨识它们。

知觉最奇妙的一个方面是，人们可以很容易地了解他们所学到的东西，而且又能完全忽略他们所不具有的知识。因此，人们常常认为在一定情境中，只要能看到的东西他们都能知觉到。这与学习主题具有很强的联系。教育者常常就学生

285

未曾学会知觉的现象进行解释，这些现象是学生意识不到的那些东西。布兰斯福德、弗兰克斯、维伊和舍伍德（Bransford，Franks，Vye，& Sherwood，1989）描述了临床心理学的学生，他们从书面材料中学习诊断症状。当开始实习时，他们却不能知觉病人的症状，因而难以进行诊断。

在一篇研讨论文中，吉布森和吉布森（Gibson & Gibson，1955）认为知觉学习（perceptual learning）包括增强的识别能力或信息提取能力，例如，辨别食用菇和毒蘑菇的能力。因此，他们认为，学习不再是创造更多抽象心理表征的建构过程，而是通过提高人们知觉周围信息的能力使人们与世界更加接近。吉布森和吉布森建议像依次品味各种酒一样依次使用对照性案例。通过这些具有很多相似处的案例，人们开始注意这些案例之间的区别。例如，霍华德·加德纳（Howard Gardner，1982）描述了一个艺术展览，展览上并列地摆放原创作品及其赝品。开始人们无法指出它们之间的区别，但过了一段时间后，他们开始知觉到原创作品和赝品的区别所在（参见 Eisner，1972；Goodwin，1994）。对教育者来说，这是一个很重要的经验，即教师和学生知觉到的东西不一定是相同的（Nathan & Koedinger，2000）。像对比案例一样，教育者要通过几个特殊的步骤来帮助学生认识到哪些方面才是重要的。

使意象特殊化的四个知觉属性

当学生能够意识到哪些是重要方面的时候，他们就可以用知觉系统的一些特殊属性进行意象思考。下面我们利用意象来介绍一下知觉的四个属性。

简易性结构

知觉的功能是提供一个凝聚（cohesive）的、稳定的经验来执行行动。知觉与感觉不同。感觉是通过如声音、光和触摸等形态特征来提供空间信息。而知觉的任务是合成和架构这些由感觉提供的信息。例如，当人们触摸一张打印纸时，他们会知觉到一个白色的矩形。然而手指感觉到的只是边缘和角落，并不是一个完整的矩形。由于透视缩短，他们的视网膜只感觉到一个多边形，并且，多边形的形状会随着纸张的转动而变化。然而，知觉传递的是一个单一不变的矩形的

体验。

人们很少对知觉与感觉进行辨别，因为进化已经使大脑产生了特有的能力，这些能力能够和空间世界中的包括形状、动作和颜色在内的循环结构相匹配。格式塔心理学家（Gestalt psychologists）早期进行的知觉研究尝试对产生“良好”知觉形式的环境结构进行分类（Wertheimer，1938）。知觉包含特有的能力是指，不同类型的视觉信息（如颜色、动作、亮度、形状和方位）由大脑的不同区域进行处理。这种进化的特有能力的好处在于，认知可从知觉中自由地获得结构化输出，而不再需要进行认知处理或者意识关注。这些都与意象和学习密切相关，因为它表明，当个体不需太多认知努力即可管理这些结构时，空间表征是有用的。例如，当学生看到矩阵里的元素后，他们可能会更加容易地理解阶乘运算的结构。

决定论

知觉结构在任何情况下都具有决定性，人们只能看到一组结构。在图 17.1 中，有两种方法可以知觉到立方体的方位。由于人们知觉的限制，只能在某个时刻看到立方体的一面，而不能看到立方体所有的不同面。

286

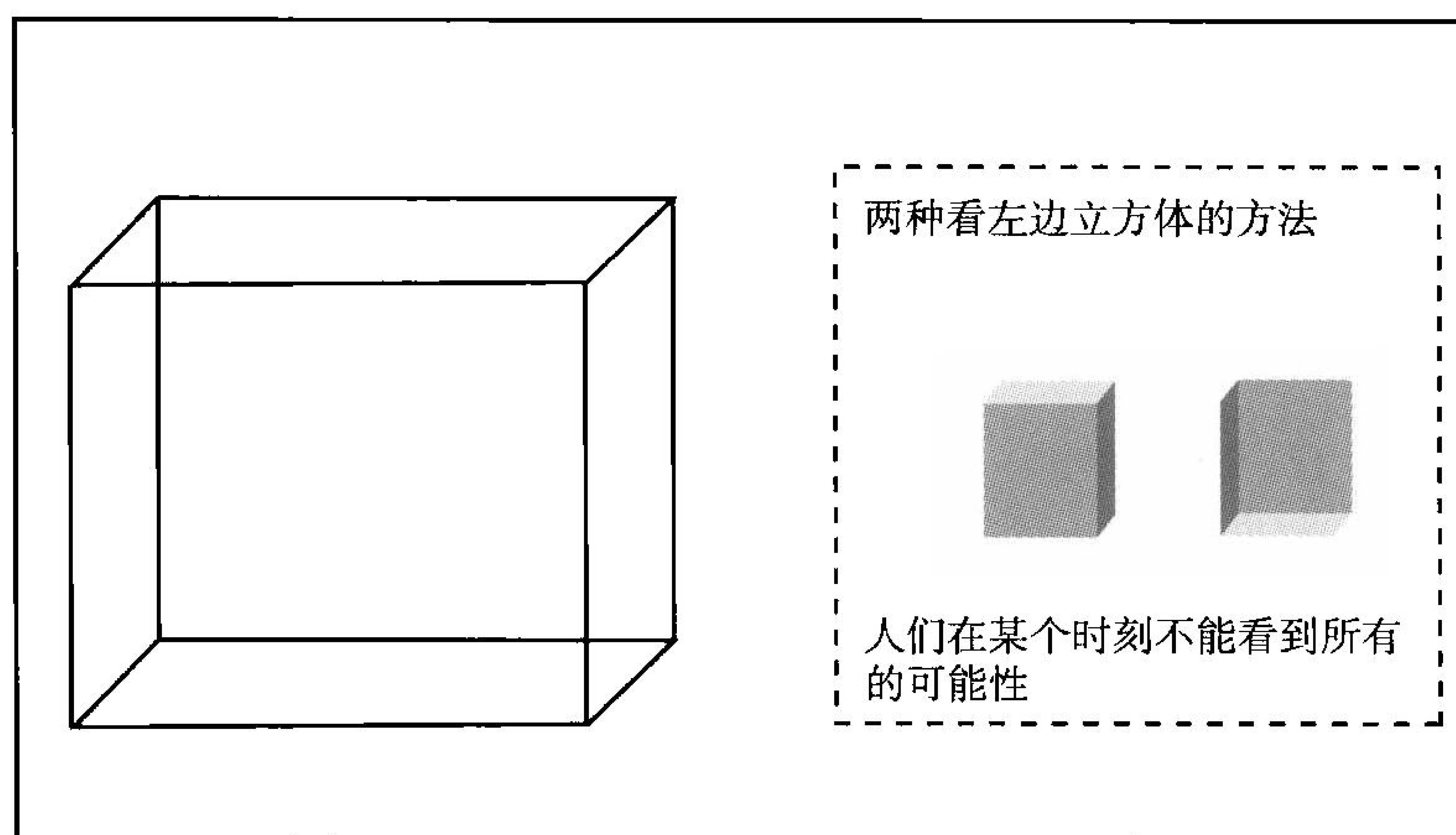


图 17.1 内克尔立方体证明了知觉的确定

空间知觉的决定性可以与语言对比。比如，人们可以说“这棵树在这个灌木附近”，但是对它的具体位置却含糊不清。然而，视觉不是模糊不清的，一定会知觉到这棵树是在灌木的前方、后方、左边或右边。通过视觉系统来知觉空间表征，并不会像语言描述那样比较模糊。这种情况是与意象相关联的，因为人们会在其意象中呈现出具体位置。例如，马尼和约翰逊－莱尔德（Mani & Johnson-Laird，1982）提供给人们诸如“十字架在正方形的上方，三角形挨着正方形”

的句子——这句子是模棱两可的，因为三角形可以在正方形的右边，也可以在其左边。然后给人们展示图片后，并问这些图片是否反映了句子所描述的内容，有些人反映三角形应该在正方形的左边，而另外一些人则反映三角形应该在正方形的右边。他们提取的是一个不确定的句子，但他们在脑海中构架图像时却产生了空间的决定论。决定论对学习是很有价值的，因为它能防止人们产生模糊不清的意象。

知觉—动作匹配

知觉的第三个相关属性与运动系统有关。视觉知觉（visual perception）不仅仅是观察；知觉与人们的行动能力也是紧密连接的，并且知觉指引着动作行为；同时，动作行为也指引着知觉。例如，人们会调整自己的视角以便更好地观察某事物，主动地接触（Gibson，1962）以便辨认物体的形状。人们常常学习知觉—动作匹配以使知觉和动作能够协调。例如，人们更换网球球拍后，能够很快地学会调整他们的挥拍动作。这种调整需要由知觉—动作系统来处理，并且仅需要少量的认知努力。

知觉和动作之间的匹配与意象是有联系的，因为人们需要意象完成一系列动作。例如，一个人可能会意象如果他们尝试跳过一个很宽的深坑会发生什么事。为了完成这个意象，人们需要勾画整个情形发生的画面，产生完成“跨越”动作的心理模拟（mental simulation）。人们完成这些行为的意象与他们采取的动作类型是有关系的，包括改变视角、移动物体、使用工具、沿着某条路径行走，等等。关于意象的知觉和动作之间匹配的相关性，帕森斯（Parsons，1987）已经作过验证。被试坐在电脑键盘旁，电脑显示器上展示一只手，被试必须确定这是右手还是左手。被试作决定所花的时间与他们将自己的手从键盘上离开并模仿屏幕中的手所花的时间有关。尽管有一些被试其实并没有移动过他们的手，而仅仅是在心理模拟一下这个过程。知觉—动作匹配对教育的启示之一是：让人们去意象那些现实中没有发生过的空间变化或者运动，比如旋转四维空间结构，是没多大意义的。

287

预解释

知觉的最后一个属性可以认为是“自下而上”。知觉常常发生在个人想法和知道某个情形之前，而且，人的想法并不容易推翻知觉。如前所述，人们已经学习过知觉的一些方面了，特别是那些随环境改变的方面（例如酒的味道）。他们学到的知识是倾向于解释性的，而不太注重产生这些解释的系统建构。许多研究者都争论知觉各个方面之间的线性关系。在知觉的各个方面中，有一些会受经验影响，而有一些则不会。例如，假设一些人生活在没有建筑物的环境里，那么他们是无法看到直线的，因为“直线”是“木工领域”（carpentered world）中一

个有价值的属性（Gregory，1966）。

总是存在这样一个争论，即信念和文化到底能影响知觉的哪一个方面呢？无论如何，知觉能够独立于想法之外而发生，错觉就是一个很好的例子。有时，当自然世界以自身的发展方式进入到人的头脑中时，自然世界就会违背我们所期望的方式，这时知觉就会自动产生错觉。图 17.2 所示，这两条线段看起来像是长度不同。人们用直尺或者其他工具量过这两条线段后，才相信它们是同样长的。但人们再看这两条线段时，还是难以感觉它们是同样长（尽管人们能够总是断言他们是同样长）。

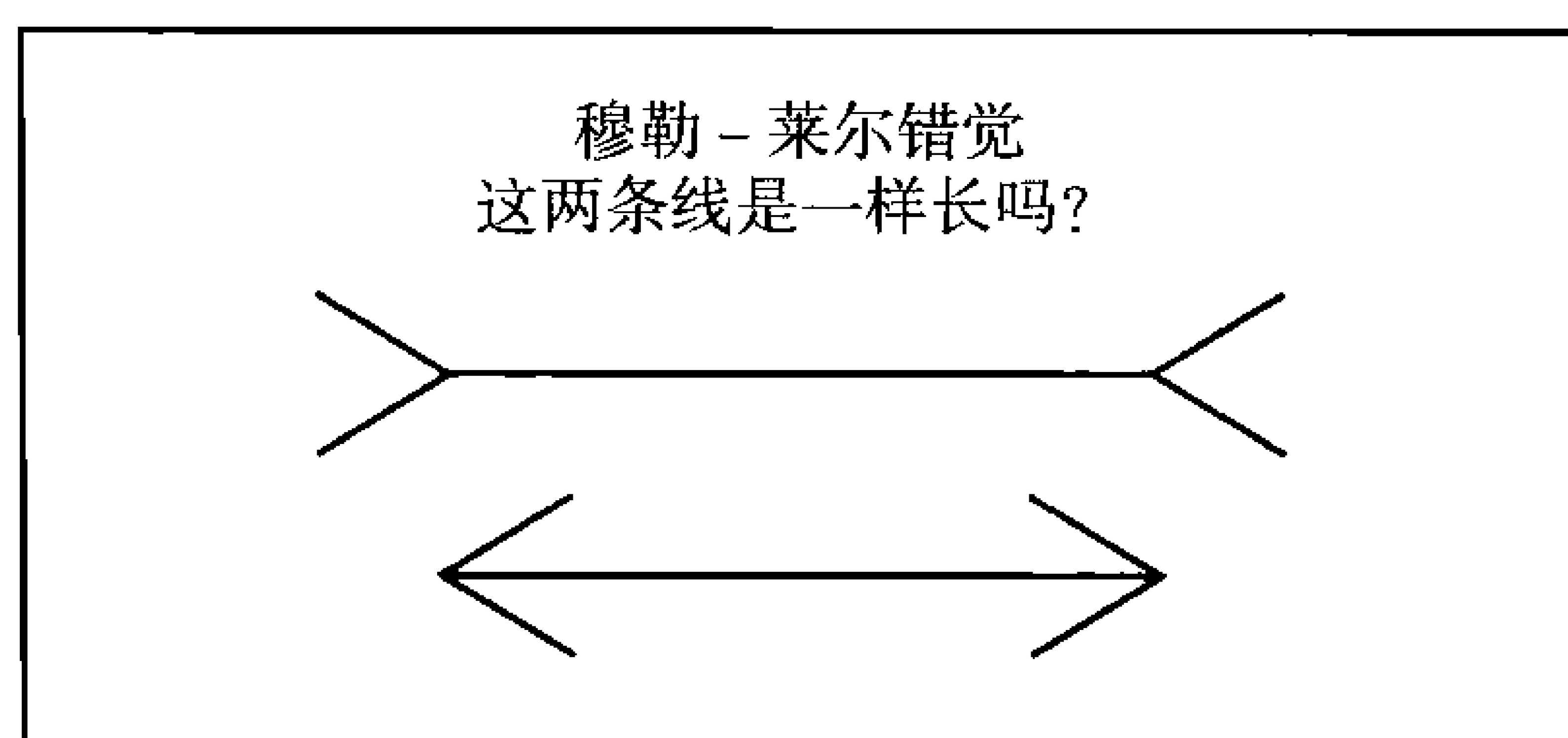


图 17.2　知道这两条线一样长并不能避免错觉的发生

当知觉独立于信念而发生作用时，它就是预解释（pre-interpretation）。预解释是意象的一个重要属性。人们在“锁定”某种特定具体的解释前能够做意象工作。就语言方面，人们则需要理解字词，这将决定他们得到的结论的类型。而预解释画面，却可让人们巧妙地处理意象，了解出现的形式。在下面的章节中，我们将讨论预解释学习与其他三个属性的相关性。

意象使我们更加接近世界：心理模型与模拟

人们能够通过视觉输入获得图像。例如，人们游览一个城市时会慢慢地在心里建立一张地图。人们也能通过触摸产生图像。谢尔顿和麦克纳马拉（Shelton & McNamara，2001）让人们闭着眼睛排列一定数量的物体。这就提高了人们在其他位置辨别物体排列的能力。人们还可以根据声音和语言来形成图像，例如，当你听别人阅读时。有时，人们在建构一个与当前的视觉输入相冲突的图像时（例如书页上的文字），这也许会干扰他们的意象（Brooks，1968）。人们也能够在没有即时输入的情况下创建图像，例如，我们预测灾难遭遇。

判断人们是否使用意象是很困难的。事实上，使用了空间信息的人并不意味着一定使用了意象。例如，施瓦茨和布莱克（Schwartz & Blacks，1996）发现人们在最初常通过意象它们的运动来解决齿轮问题，但是过段时间后，他们就学会

运用快速的口头规则来解决，哪怕那是空间问题（例如，邻近齿轮的转动方向相反）。对于大多数学习专家来说，设计可利用意象的任务比证明意象的存在更重要。因此，我们强调空间表征的四个知觉属性，以便教育者能够运用它们改进与提高他们的思维和学习。

288

在这部分，我们强调那些关注意象在哪些方面可以帮助人们预测或了解现实世界中可能出现什么的研究。我们从人们建构心理模型来理解一个情境的例子开始，强调简易性结构和确定性的相关性。然后展示人们利用模拟得出推论的例子，这里强调的是动作匹配和预解释。为了突出意象的四个知觉属性，我们分别对它们进行阐释，但是这四个属性在每个例子中都有体现。

建构心理模型

意象在教育中的一个作用是帮助人们理解那些没有直接经历过的或者只是听说过的事物。兹万（Zwaan，2004）把语言理解称为“指导性经验”。当然，指导性经验并不像直接经验那样真切，但是它参与到一般性经验机制中。这些一般性经验机制允许人们去建构空间心理模型和推论，这些模型和推论看似显而易见，但其实不然。心理模型是内在表征，模型内部随外部世界的改变而改变（相反，如利用代数公式就不是物理世界改变的直接反映）。例如莫罗、格林斯潘和鲍尔（Morrow，Greenspan，& Bower，1987）论证说，在阅读时，人们通过心理模型追踪故事中人物的空间位置；如果人物刚刚移动到某个位置，人们可以很快地回答出关于该空间位置的问题。因为如果读者在现实中那样移动的话，他自然也会出现那种情况（评论见 Zwaan & Radvansky，1988）。心理模型能够在很大程度上使人们通过阅读提高学习的能力。为了帮助最初的读者，给他们提供一些帮助意象简易性结构的信息是非常重要的，并且帮助学生学会建构确定性的心理模型也是非常重要的。

简易性结构

当优秀的读者尝试理解文章时，他们常常依赖于意象。例如，人们可以在意象中产生度量结构（metric structures）。度量结构包括位置和物体边界之间的间隔。例如，度量纽约和洛杉矶之间距离的“脑中图像”就包括了两者间的空间（当然，比例也包括在其中）。但是这种“图像”与纽约和洛杉矶相距3000米是不同的，但在这种情况下，两个城市之间不存在空间表征。创建空间结构的简易性常常也会导致一些状况发生，就是人们会自发地产生创造一些度量结构，这些度量结构中的推断胜于文字表达的信息。例如莫罗和克拉克（Morrow & Clark，1988）让被试阅读“拖拉机正在驶向篱笆”，或者“老鼠正窜向篱笆”，接下来，

让被试估算篱笆和老鼠或者和拖拉机之间的距离，尽管句子里并没有告诉被试这两者与篱笆的距离，但他们都认为拖拉机和篱笆的距离较远。通常，意象的简易性结构的优点是可以让人们很容易地产生图像，这样他们能根据其中有趣的关系观察事物。

然而，当现有信息不能提供一些结构性线索时，人们就很难收集意象的简易性结构了。例如，罗奇和迪维塔（Rock & Di Vita，1987）向人们展示一些铁丝图形，这些铁丝就像一个被扭曲的外套衣架。当这些衣架在不同的方位展示时人们就不能辨认它们是同一个形状了。人们在完成这样的辨别任务时感觉很困难，因为在这些图形中提供的结构信息太少了。法拉、罗克林和克莱因（Farah，Rochlin，& Klein，1994）重复了这个研究，他们把一些泥土做成薯片形状粘到铁丝上，这样使铁丝看起来像形状各异的薯片。在这种情况下，人们就很容易完成任务了，因为泥土给每个物体的整体结构提供了更多的线索。意象几乎就等于最初给人们提供的结构信息，信息展示设计者和文本设计者需要牢记此点。

289

决定论

优秀的读者常常能自发地对他们所阅读的内容建构决定性结构。例如，我们看看这两个句子，“一只海龟趴在浮木上”和“一条鱼在浮木下游”。大多数人都很容易推断鱼在海龟底下游。人们在脑海中会建构体现这三者关系的图像，并能在自己的图像里看到这些关系。如果稍微再停顿一下，人们可能就像读到一个句子一样：“鱼在海龟底下游”（Bransford，Barclay，& Franks，1972）。然而，年龄小的读者不会对他们所读的内容建构决定性的模型，因此，他们会留下一些不明白的地方。舍恩菲尔德（Schoenfeld，1992）举了一个例子，学生盲目地理解数学中的文字问题，但是这些问题所处的情境在现实中是不可能存在的，可学生从来没有意识到这种情况。因为他们没有尝试给问题建模。虽然意象能够提供决定性结构，但是人们应该意识到要建构图像才行，因为意象并不总能自发产生。

鼓励年幼的读者去意象叙述的内容以达到更好的理解是尤其重要的。跟成年人相比，年幼的孩子较难有意象，因此他们需要特殊的支持（Reiser，Garing，& Young，1994）。格兰博格等人（Glenberg et al.，2004）介绍了一个实验，让一些年幼的孩子阅读一个段落和处理一些小雕像，接着让他们描述这个段落文章中的动作（例如，农民在马棚里走动）。经过一些练习后，不再给这些孩子提供任何提示，孩子们在后测中读完整篇文章。与那些没有经过这些练习训练的、或者曾被告知过对文章段落内容进行意象的、或者那些只操弄雕像而没有告知要用意象来处理小雕像的孩子相比，完成练习训练的孩子对新的段落具有更好的记忆和推理能力。鼓励孩子们通过使用物理模型建立意象，可以帮助他

们学会应用策略，使他们对理解的文章有更多的决定性联系，这样还可以促进他们的理解。

运行心理模拟

意象的第二个应用是帮助人们通过心理模拟来意象变化的过程。谢帕德（Shepard）和他的同事们（见 Shepard & Cooper，1986）进行了一些奠基性研究，证明人们能够模拟物体运动。他们称之为**“类比意象”**，强调人们通过度量空间可以意象**连续**的运动。例如，被试在不同的方向看两个物体。图 17.3 提供了观察角度不同的例子，两物体之间的角度差为 90°。人们必须判断物体形状是否相同。谢帕德按照一定的角度（15°，45°等）旋转两物体，并记录人们作出匹配判断所花的时间。谢帕德认为：当两个物体的角度相差很大时，人们完成任务的时间要更长。因为人们必须在心理上把物体旋转一段更长的距离，才能看清楚这两个物体是否一致。

290

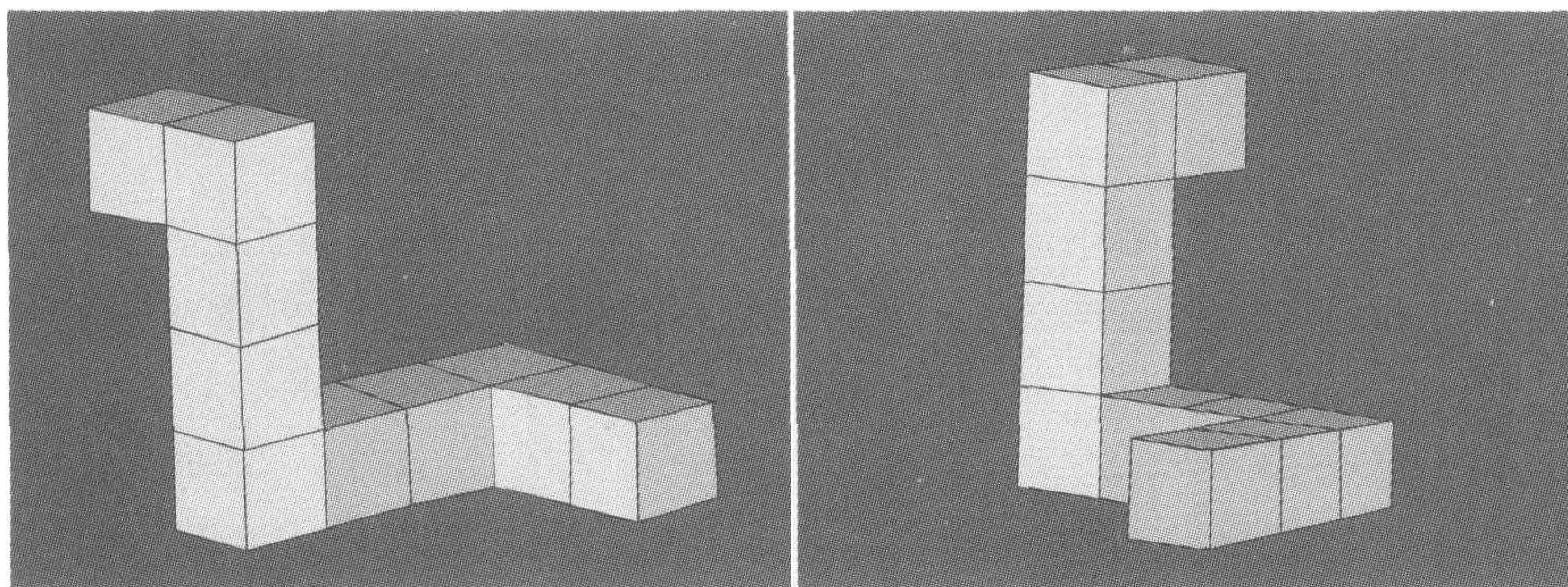


图 17.3 人们想象着通过旋转物体去解决问题

图 17.4 展示了一组结果。研究人员展示了两物体间的角度和解决问题所用时间之间的线性关系。仔细观察就会发现图中的物体在 225°的位置时，有两个不同的旋转时间。这是因为有些人把物体朝相反方向旋转（转 135°），因此他们比朝 225°旋转的被试所花费的时间要少。像这样的模拟可以有效地帮助学生作出推论，当运用心理模型时，学生需要学会如何进行类似的模拟。这就要求学生既要学习如何开展模拟，以适应不同的行动，也要懂得核对自己的答案以避免依靠错误的预解释。

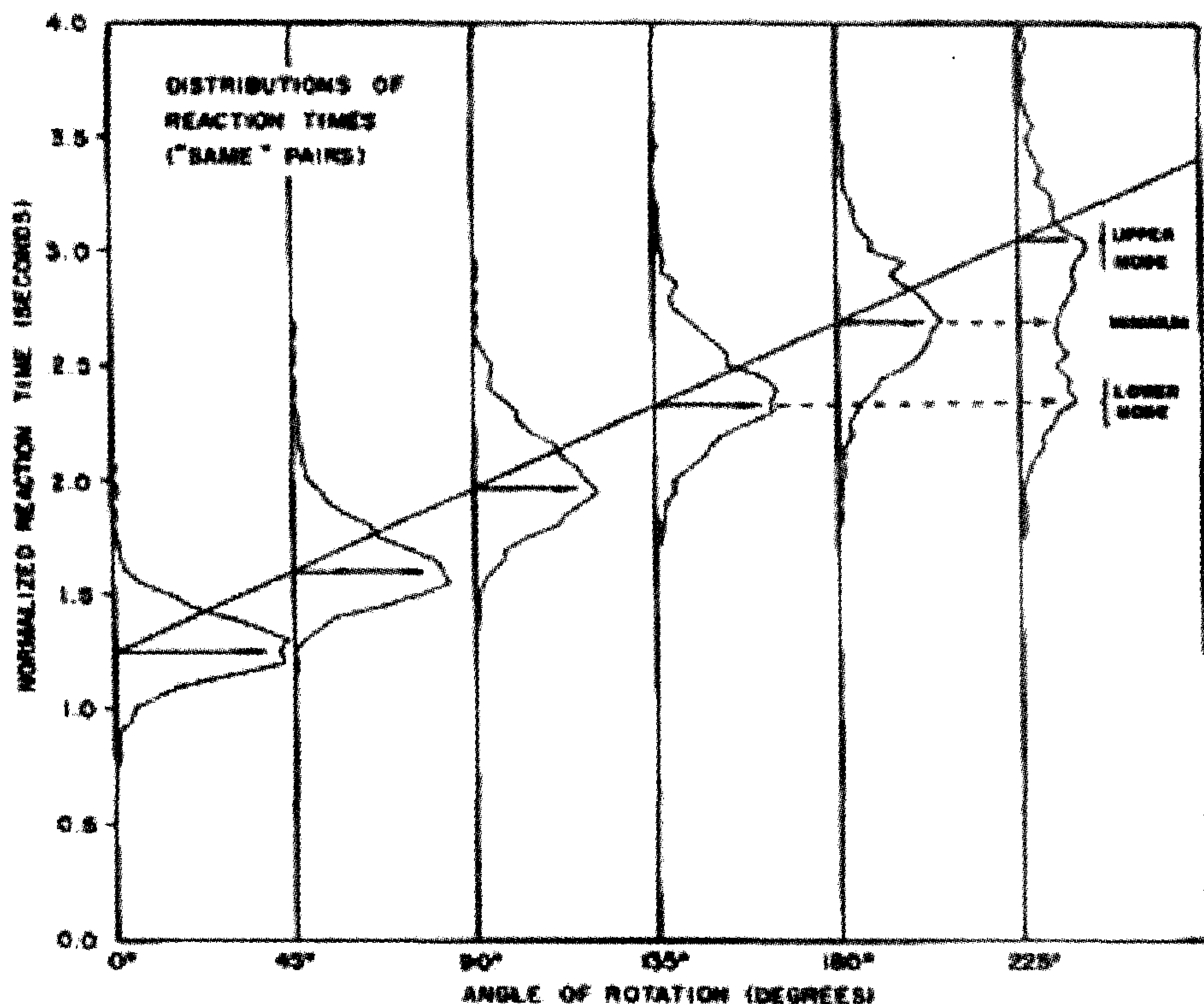


图 17.4　两物体间的角度和解决问题所用时间之间的线性关系。在每个不同的角度，曲线也呈现了反应时间的分布。(Shepard & Cooper, 1986, p. 58)

知觉—动作匹配

模拟可以预测动作行为的结果（例如旋转一个方块、画一条线）。知觉—动作匹配使模拟成为可能。许多相关研究证明，当人们在完成任务时可以移动的话，他们完成任务的就会更快更准确。例如西蒙斯和王（Simons & Wang, 1998）证明，当允许人们走到物体的某个角度时，即使他们闭着眼睛，他们也能很容易地从一个新的视角意象正在看的物体。沃斯钦拉格和沃斯钦拉格（Wohlschlåger & Wohlshlåger, 1988），韦克斯勒和科拉姆（Wexler & Klam, 2001）证明，当人们可以亲手旋转物体时，即使他们不能直接接触这些物体，他们也更容易意象物体的旋转（例如，Schwartz & Holton, 2000，让人们拉绳以转动放着那个静止物体的桌子，但是不允许他们直接接触物体）。人们常认为意象指导下一步动作，然而在这些案例中，则是动作指导意象。

291

意象和运动系统的匹配与阅读是相关的。例如，科拉茨基等人（Klatzky et al., 1989）让人们把手握紧或者摊开，然后问他们，“能够压榨一个西红柿吗?”人们在展开手掌时一般会迅速地说“能”。因此，意象中蕴涵的文字和动作不仅可

以促进理解（如上所述），而且能促进相关可能的动作和它们可能会出现的结果。

意象和运动系统的匹配能够让人们预测到可能产生的变化，还能帮助学生解决问题。例如，当旋转分子模型时看看它们之间是否相互联结。同时，人们作出的复杂动作常常限制意象。人们仅仅能在简单的模拟中进行意象。在图 17.5 中，赫加蒂（Hegarty，1992，2000）检测了人们“心理上驱动”复杂滑轮系统的能力。赫加蒂发现，擅长解决问题的人每次都可以正确模拟一种交互情况。例如，他们意象如果转动这个手柄，带子将会怎样转动。然后他们通过意象移动的带子来判断下一个滑轮如何转动，最后宣布转动的结果。在这个案例的问题分解中，空间表征与其他形式的知识是交互的，因此，帮助学生开发把问题分解成符合意象形式的技能是非常重要的。

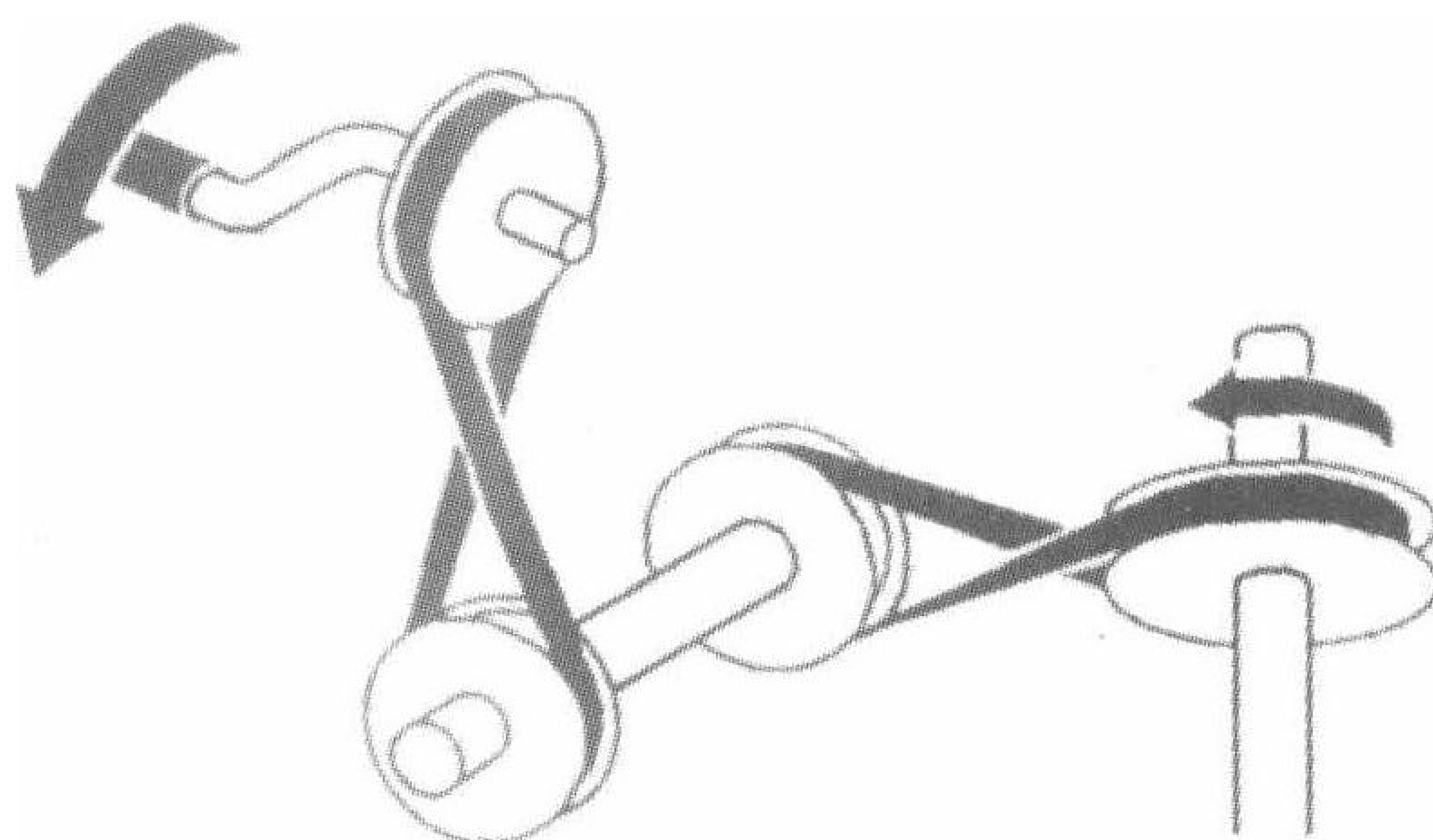
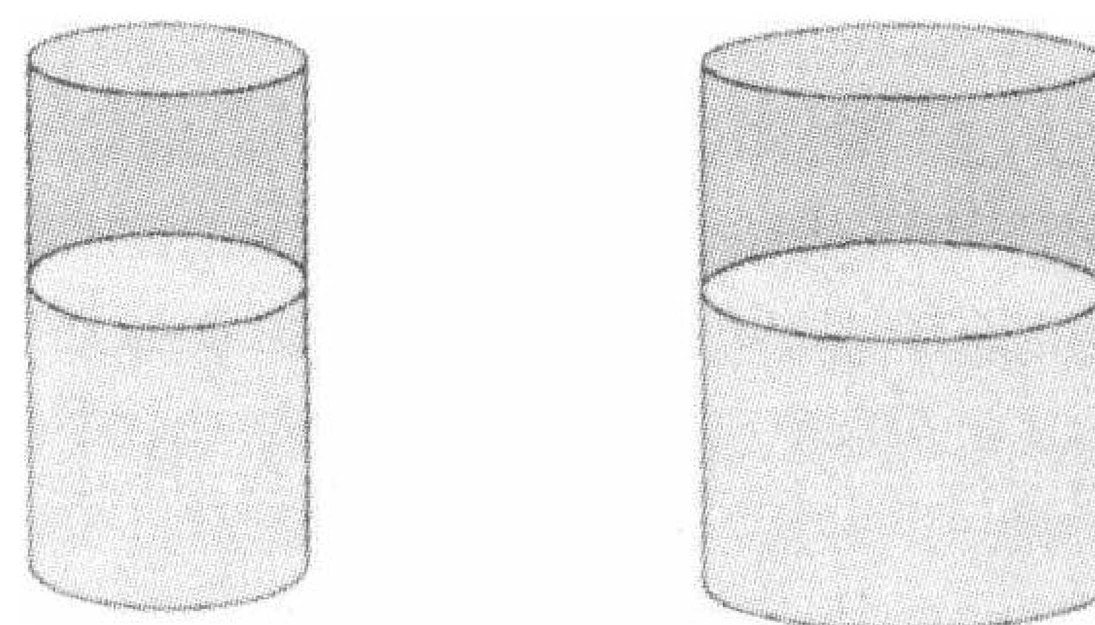


图 17.5　用齿轮和皮带任务去检测复杂的意象（Hegarty，2000）

预解释

预解释与交互物体的模拟是相关联的。当人们模拟一些交互物体时，他们需要调整交互物体运动的相对速率。例如，意象一个大轮子带动一个小轮子的转动。小轮子的速度依赖于大轮子速度，它转得要比大轮子快。为了模拟这个动作，人们需要调整它们的相对速率。许多涉及多个组成部分的模拟也一样，例如，长刃短把的剪刀。预解释能帮助人们在复杂的模拟中作出动作调整。

意象中预解释的作用是由施瓦茨和布莱克（Schwartz & Black，1999）提出的。被试要接受图 17.6 中的问题。在具有相同高度的一个宽口径和一个窄口径的玻璃容器中装满相同刻度的水，当倾斜杯子开始流出水时，它们的倾斜角相同吗？如果被试只能看着玻璃杯时，很少人能给出正确答案。但在另外一种情形下，让被试每次拿一个玻璃杯，但玻



图中其中一个杯子倒水时倾斜角度较小吗？

图 17.6　预解释知识有助于解决人们通常无法口头解决的问题（Schwartz & Black，1999）

璃杯中没有水，仅仅有一个黑色的条带代表水的高度。被试闭上眼睛倾倒玻璃杯直到他们认为水刚好可以流出来。对第二个杯子重复此动作。在这个案例中，每个人都认为窄口玻璃杯需要比宽口的玻璃杯倾斜得更低一些。因此，人们具有预解释和动作依赖技能来促使他们模拟水和玻璃杯的交互动作。 292

科学家常常使用模拟来激发他们的直觉（Clement，1994），并让学习者去意象“会发生什么”，这样能够帮助他们对自己的预解释专长（pre-interpretive expertise）有一个清晰的理解。同时，教育者需要观察学生由预解释专长发展而来的误解。预解释专长来自于实际生活，因此，它与科学事实不匹配的情况会常常存在，而且还会影响科学学习（例如，朴素物理学，McCloskey，1983；也可参见 diSessa，本书）。

预解释专长通常在任务中出现，如运动活动的任务，特别是对于年幼的孩子。克里斯特、菲伯格、威尔肯宁（Krist，Fieberg，& Wilkening，1993）让小孩子们把球推下边缘，使它落到地板上的目标处。研究者改变边缘的高度，孩子们会准确地改变他们推动的力气。然而，当问到他们具体需要改用多大力气推动小球时，孩子们则推断因为球离目标更远了，所以更高的高度需要更大的力气。特别是对于教育者，艾里巴里和戈尔丁梅多（Alibali & GoldinMeadow，1993）发现转型期中的孩子在达到清晰地理解之前通过运动系统可以发展自己的能力。例如，当向窄口玻璃杯和宽口玻璃杯中倒入同样多的水时，6 岁的孩子常常说窄口玻璃杯中有更多的水，因为水达到了更高的高度。但是，当孩子们意识到尽管水的高度不一样，杯子的水其实一样多时，他们常常严肃地指出手上的玻璃杯口径的宽度，哪怕他们正在讨论水的高度。艾里巴里及其同事已经证明意识到言语和手势不匹配（这常常出现在数学中）的教师能够更好地传递“即时”的指导，引导孩子进行清晰的理解。这是个很有趣的问题，即培训教师关注手势是不是一个提高教学能力的有效方法。

超出自然世界范围的意象：实现和协变

在这里，我们认为意象远不止是经历，它创造了思维革新。人类的意象可能从来都不像大自然那样具有创造性；例如，在没有看过或听过彩虹前，谁能意象出彩虹呢？然而，人类的意象是一种令人兴奋的事情，空间表征也如此。科学史上有许多优秀的科学家，他们提出意象能够帮助他们推理出隐藏在知觉中的结构。

至此，我们已经介绍了人们如何利用意象来促进推测他们可能知觉到的东西。意象帮助人们把他们和经验更加有效地联系起来，用效度和准确度来测量时更加明显。当意象应用于改革和超越历史经验时，将会在新的结构中建立对已成功的新的测量方法。创造革新对于学习很重要，因为教育的目标不仅仅是更加精通他们已经知道的东西，更是为了帮助他们开发新的思维结构（Schwartz，

Bransford, & Sears, 2005)。在这一部分，我们将介绍意象在革新中的两种应用：突现（emergence）和协变（covariance）。

293 突现

简易性结构和空间表征的模拟对创新和发现都很重要。人们通过意象变化来判别是否有新的模式出现。首先我们来看视觉动作（visible action)。马丁和施瓦茨（Martin & Schwartz，出版中）让9岁的小孩去解决分数相等的问题，例如，“八的四分之一是多少?”孩子们拿到8个小的塑料片，要求他们由此得出答案。当孩子们只能看这些塑料片，而不能移动这些塑料片时，他们认为答案可能就是1片或者4片塑料片。因为他们采用把这些塑料片与分数1/4中的1和4数字一对一对应的处理方式来得出答案。然而，当孩子们可以移动这些塑料片时，他们成功的几率几乎是原来的4倍。通过移动这些塑料片，这些孩子们开始注意到结构性组成。他们发现可以把塑料片分为4组，每组2片。

就像视觉动作，意象也支持创新，是因为它能帮助人们较容易地把形状移动成新的布局。例如，芬克（Finke，1990）让人们去意象字母“C”和字母“J”。他让人们意象旋转“C”使它在“J”的上方。然后，他问大家看到了什么，大家常常说是一把伞。虽然人们开始并没有意识到一把伞，但是通过重新建构形状在他们的头脑中便出现了一把伞。在另一组实验中，并不告诉被试去建构什么几何图形，但是他们仍然能够呈现突现，并看到几个抽象的图形（例如，正方形、圆、直线)。例如，芬克让被试闭上眼睛来意象，如何使这些图形重构成一个用来清洁水槽的设备，他们提出了很多新方法。

让学生意象也可以帮助他们在重要问题上创造新的解决方法，但是简单地告诉他们闭上眼睛去创新可能是不够的。创新的一个主要挑战是具体的解释可以影响开发新的解释。例如，钱伯斯和赖斯伯格（Chambers & Reisberg，1985）让人们去看图17.7，这张图可以看成是一只鸭子或者一只兔子。一旦有了一种理解，就让他们闭上眼睛不要再看图片了。钱伯斯和赖斯伯格问他们是否能产生另一种理解；是否能克服他们最初的理解（例如，鸭子）和是否能得出第二种理解（例如，兔子)。在很多研究中都没有一个被试能够作出再理解。具体的理解干扰了人们作出改变的能力。

通常来说，创新的一个大挑战是“突破规则”。一旦推理由一种理解开始，就很难自由地改变。在芬克的研究中，确实有新的解释、理解突现的地方，人们其实没有预解释。他们简单地编码了一组几何图形。因为意象能在无理解的情况下转换形状，所以人们能在他们的意象中移动形状，继续建构确定性的结构，直到他们看到感兴趣的样式和形成一个对它的理解。

帮助学生利用意象来开发创新性想法，要牢记创新偏爱有准备的头脑，这一

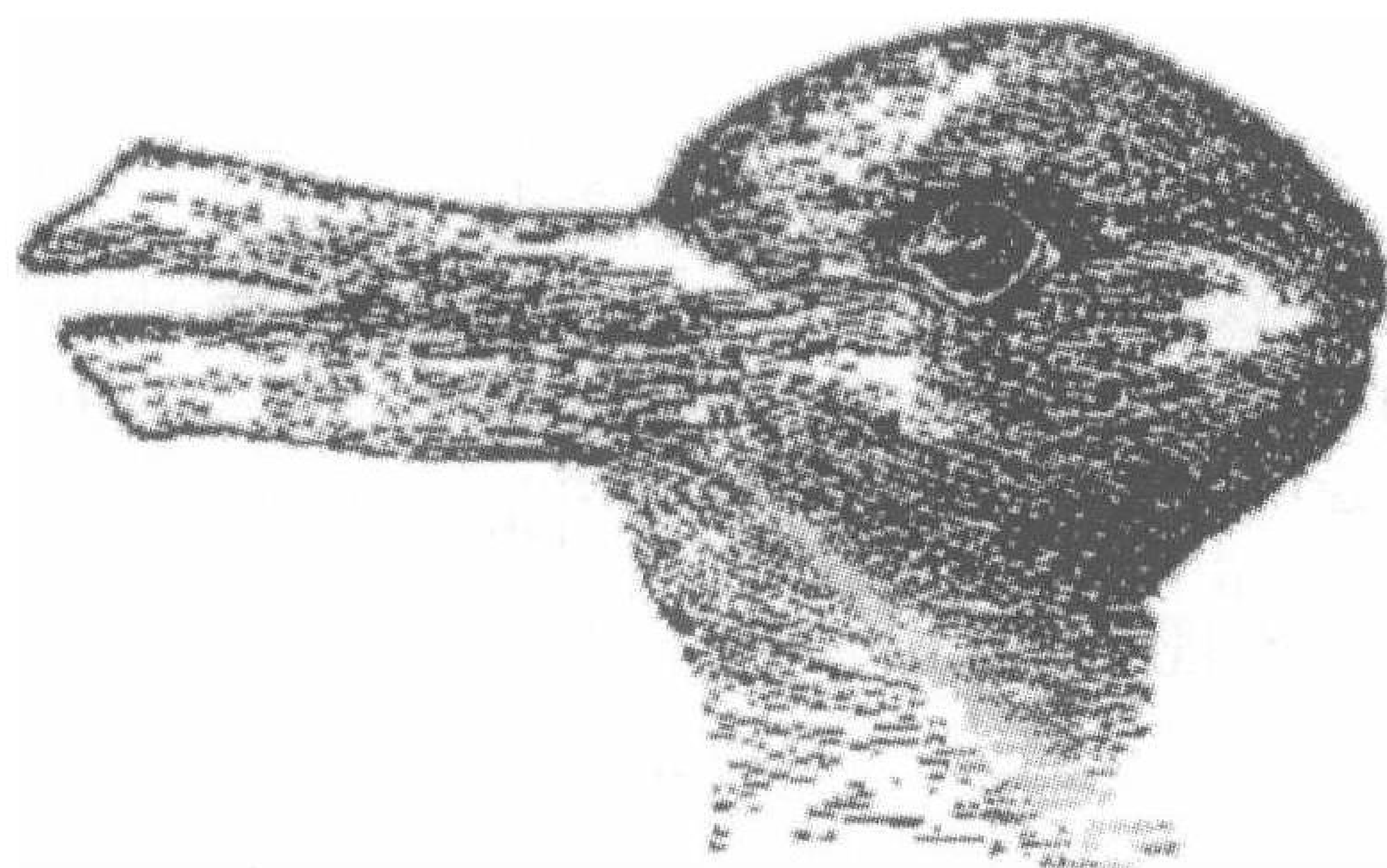


图 17.7　许多试验中鸭和兔子的图像（如：Chambers & Reisberg，1985）

点很重要。因发现苯环结构而著名的科学家科尔科（Keulké），他在研究过程中觉得需要一种结构来连接多个原子，同时他也为自己意象的发挥做好了准备。为了认识突现的结构，学生应该充分理解需要处理的结构的约束条件和问题，这也是恰当的教学指导需要做到的事。然而同时，学生必须避免对预设解决方案的理解的影响，因为这会干扰他们产生新理解的能力。因此，通过意象而来的创新需要一个精确的平衡。与大量的有关如何促使人们更高效和精确的文献资料相比，学习科学将把更多的研究放在培养学生创新能力的方法上（Sawyer，2004；Schwartz，Bransford，& Sears，2005）。

294

协变

一般而言，空间创新的大多数经典例子都包括协变表征（covariant representations）。协变空间表征（covariant spatial represention）与其所指并不同。例如，速度计不像一辆高速行驶的汽车，钟表与时间也不相像。然而，速度或时间的变化几乎是与指针的显示相匹配的。在它们的衡量之间，协变表征实现了用空间形式表征非空间现象。例如，韦恩图可以表征个人特征的空间。人们已经发明了很多视觉表征来支持空间的和非空间的推理。

创造一个协变空间表征是创造力的重要特色。伽利略被认为是第一个发明协变表征并开展论证的人（Cummins，1989），他用面积表征间距。若给学生以合适的教育支持，他们可以学习协变表征。施瓦茨（Schwartz，1993）发现青少年很少通过本能建构可视化表征来解决问题。然而，一旦鼓励他们去创建自己的表征，就会发现他们会采用突破常规的解决问题的方式，这些方式对问题解决可能会有很大的优势，数周后他们就本能地开始对一些新奇的问题创建自己的表征形式。班伯格（Bamberger，1991）描述了受激励的孩子们不断发现音乐的视觉表征，包括音高和音长。让学生熟练地建构协变表征是很有教育意义的。迪塞萨等人（diSessa et al.，1991）认为“元表征性专长”是鼓励孩子们去创造更为精致

的视觉—动作表征。

协变表征的好处之一是它们提取了情境中最重要的方面，并构成一个形式，促使人们产生理解结构的空间能力。例如，拉金和西蒙（Larkin & Simon，1987）调查了为什么“一图胜千言”，他们发现空间表征的结构使研究变得更容易。一个矩阵，用横轴代表方位，人们通过纵行与横行的交点来索引具体的方位和位置。协变式表征也建立了格式塔理论，用来指导一些重要形式的知觉。笛卡尔的 X、Y 坐标系的创建使线性和曲线图形的监测变得很容易。当把协变式表征客观具体地呈现出来传达给学生时，专家就可以指导学习者理解如何建构他们的思维。

教学代理（Teachable Agent）研究可以帮助学生建构协变式表征（Schwartz et al.，出版中）。学生通过使用预先设计的形式教授计算机代理（computer agent）建构重要的协变式表征。反过来，这个代理也能展示如何基于学生创造的结构进行逻辑推理的过程。图 17.8 展示了学生通过创建一个包括了“增加”与“减少”链接的指导图来教导贝蒂（一个计算机代理）。贝蒂接下来通过跟踪这些链接模仿学生的推理来回答问题。这样学生就学会在视觉上建构他们的思维和跟踪他们思维的关系。例如，教过贝蒂的学生更能够推理多重因果关系（Biswas et al.，2001）。

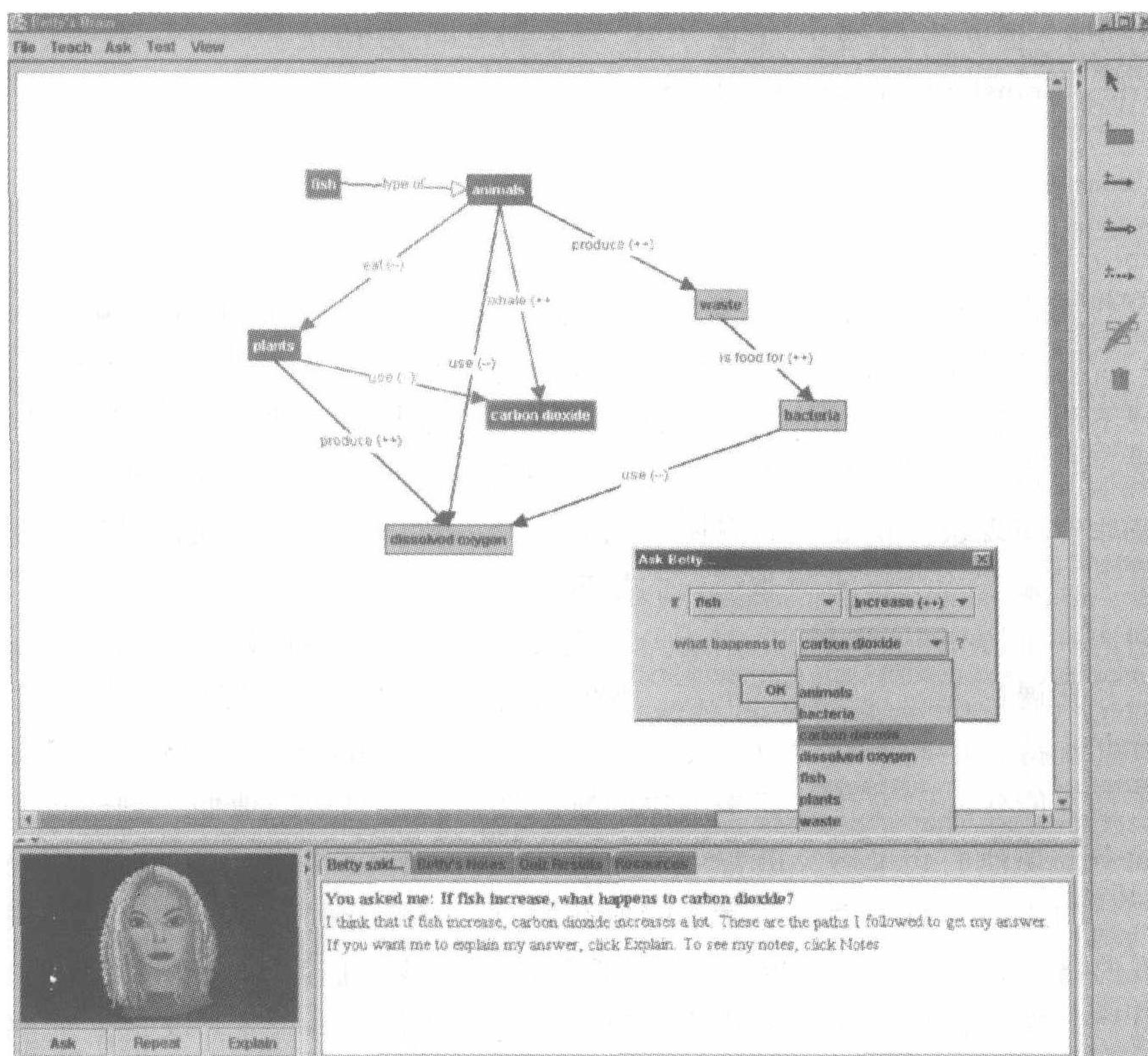


图 17.8　一个教学代理

结论

检索与学习科学有关的数据库显示，人们对人类空间能力的关注程度仅是对语言或社会行为关注程度的一半。想想人类利用空间来创造艺术、视觉和多功能工具的能力，这是多么令人吃惊的啊！但愿，这个不平衡会随着新的技术促成更多与空间有关的信息交互方法而改变。因为现有的研究大多是关于空间能力个体差异的，而忽视了人类强大的空间表征。在一些案例中，我们认为“空间型”学生应该接受强调意象的特殊指导，那些非空间学生可以接受另外一些形式的指导。视觉信息应该呈现给具有较高意象能力的人，这一假设可能本身就是错误的。例如，他们可能认为视觉任务太容易，因此，他们不会深入精细地加工。此外有证据证明：空间视觉能力随着经验的发展而发展（Baenninger & Newcombe, 1989），减少低空间能力个体利用视觉信息进行工作的机会可能会限制他们的发展。最后，虽然空间信息以不同的方式出现时，个体空间能力也存在差异，但是当设计出空间推理的有效的视觉表征时，这些差异通常会消失（Heiser，2004）。逐步呈现一致的具有结构线索的组合式图表，可以消减低、高空间能力个体在组合任务方面的差异。学习科学应该把重点放在学习而不是相关能力的假设上，并且应该能够验证如何设计视觉环境来使所有学习者受益。 295

我们对意象的评价曾经是不规范的。大多数有关意象的研究都强调它内省的逼真性或者它的几何性质（例如，它是否使用了一个观点或者以物体为中心的协调系统）。与此相反，我们认为理解意象和其他知识资源的关系是非常重要的，由此，我们确定出四个属性来补充推理的非空间形式：简易性结构、确定性、知觉—动作匹配和预解释。当人们学习微积分时，他们需要合成语言的、数学的和空间的步骤，因此，调查研究意象给广大学习者带来的好处和坏处将具有非常重大的意义。 296

同时，我们也对模仿知觉经验意象的使用和超越经验意象的使用进行了区分。这是一个很重要的区分，因为我们评价意象对教育的作用时采用的方法不同（例如，速度、准确性相对于新颖架构）。我们首先讨论了内部空间表征，但是这种区别贯穿于内部空间表征和外部空间表征。外部空间表征，例如地图和图表，能够让你更加接近自然世界，但同时也可能让你更加远离自然世界。又如，当建筑师把草图当作抽象工具来辅助他们创造新的形式时，会忽略必需细节，而这些细节却起着非常重要的作用，于是限制了他们的思维。在深入的设计过程中，这些草图会用来表现细节和确定性整体架构（Suwa & Tversky，1997）。同样，人们可以利用意象来处理抽象形状，看看会突现什么架构，并且他们能够利用意象建构具体的模型和并对其进行模拟，从而理解和预测更多的细节。学习科学所面临的根本挑战不是确定人们是否能应用意象或意象是否具有教育价值。根

本挑战是更加精确的问题——人们何时、如何应用意象的哪个功能来支持学习、创造力和推理。

致谢

本文是由国家科学基金会支持的，项目编号：BCS - 0214548、REC - 0231946。本文里表达的任何观点、发现和结论或建议是作者们的集体成果，并不必然代表国家科学基金会的观点。

参考文献

Alibali, M. W., & Goldin-Meadow, S. (1993). Gesture-speech mismatch and mechanisms of learning: What the hands reveal about a child's state of mind. *Cognitive Psychology*, 25, 468 – 523.

Baenninger, M., & Newcombe, N. (1989). The role of experience in spatial test performance: A meta-analysis. *Sex Roles*, 20, 327 – 344.

Bamberger, J. (1991). *The mind behind the musical ear: How children develop musical intelligence.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Biswas, G., Schwartz, D. L., Bransford, J. D., & TAG-V. (2001). Technology support for complex problem solving: From SAD environments to AI. In K. Forbus & P. Feltovich (Eds.), *Smart machines in education* (pp. 71 – 98). Menlo Park, CA: AAAI/MIT Press.

Bower, G. H., Karlin, M. B., & Dueck, A. (1975). Comprehension and memory for pictures. *Memory & Cognition*, 3, 216 – 220.

Bransford, J. D., Barclay, J. R., & Franks, J. J. (1972). Sentence memory: A constructive versus interpretive approach. *Cognitive Psychology*, 3, 193 – 209.

Bransford, J. D., Franks, J. J., Vye, N. J., & Sherwood, R. D. (1989). New approaches to instruction: Because wisdom can't be told. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 470 – 497). New York: Cambridge University Press.

Brooks, L. R. (1968). Spatial and verbal components of the act of recall. *Canadian Journal of Psychology*, 22, 349 – 368.

297

Chambers, D., & Reisberg, D. (1985). Can mental images be ambiguous? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 317 – 328.

Clement, J. (1994). Use of physical intuition and imagistic simulation in expert problem solving. In D. Tirosh (Eds.), *Implicit and explicit knowledge*. Norwood, NJ: Ablex.

Cummins, R. (1989). *Meaning and mental representation*. Cambridge, MA: MIT Press.

diSessa, A., Hammer, D., Sherin, B., & Kolpakowski, T. (1991). Inventing graphing: Metarepresentational expertise in children. *Journal of Mathematical Behavior*, 10, 116 – 117.

Eisner, E. W. (1972). *Educating artistic vision*. New York: Macmillan Company.

Farah, M., Rochlin, R., Klein, K. (1994). Orientation invariance and geometric primitives in shape recognition. *Cognitive Science*, 18, 325 – 344.

Finke, R. (1990). *Creative imagery: Discoveries and inventions in visualization*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Gardner, H. (1982). *Art, mind and brain*. New York: Basic Books.

Gibson, J. J. (1962). Observations on active touch. *Psychological Review*, 69, 477 – 491.

Gibson, J. J., & Gibson, E. J. (1955). Perceptual learning: Differentiation or enrichment. *Psychological Review*, 62, 32 – 41.

Glenberg, A. M., Gutierrez, T., Levin, J. R., Japuntich, S., & Kaschak, M. P. (2004). Activity and imagined activity can enhance young children's reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 96, 424 – 436.

Goodwin, Charles (1994). Professional vision. *American Anthropologist*, 96, 606 – 633.

Gregory, R. L. (1966). *Eye and brain*. London: Weidenfeld and Nicholson.

Hegarty, M. (1992). Mental animation: Inferring motion from static diagrams of mechanical systems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 1084 – 1102.

Hegarty, M. (2000). Capacity limits in diagrammatic reasoning. In M. Anderson, P. Cheng, & V. Haarslev (Eds.). *Theory and application of diagrams*. Berlin: Springer.

Heiser, J. (2004). *External Representations as Insights to Cognition: Production and Comprehension of Text and Diagrams in Instructions*. Unpublished Doctoral Dissertation, Stanford University.

Klatzky, R. L., Pellegrino, J. W., McCloskey, B. P., & Doherty, S. (1989). Can you squeeze a tomato? The role of motor representations in semantic sensibility judgments. *Journal of Memory & Language*, 28, 56 – 77.

Kosslyn, S. M. (1994). *Image and brain: The resolution of the imagery debate*. Cambridge, MA: MIT Press.

Krist, H., Fieberg, E., & Wilkening, F. (1993). Intuitive physics in action and judgment: The development of knowledge about projectile motion. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 952 – 966.

Larkin, J., & Simon, H. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11, 65 – 99.

Mani, K., & Johnson-Laird, P. N. (1982). The mental representation of spatial descriptions. *Memory & Cognition* 10, 181 – 187.

Martin, T., & Schwartz, D. L. (in press). Physically distributed learning: Adapting and reinterpreting physical environments in the development of fraction concepts. *Cognitive Science*.

McCloskey, M. (1983) Naive theories of motion. In D. Gentner and A. Stevens (Eds.), *Mental models*, (pp. 229 – 324). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Morrow, D. G., & Clark, H. H. (1988). Interpreting words in spatial descriptions. *Language and Cognitive Processes*, 3, 275 – 292.

Morrow, D. G., Greenspan, S. L., & Bower, G. H. (1987). Accessibility and situation models in narrative comprehension. *Journal of Memory and Language*, 26, 165 – 187.

Nathan, M. J., & Koedinger, K. R. (2000). An investigation of teachers' beliefs of students' algebra development. *Cognition and Instruction*, 18, 209 – 237.

Nickerson, R. S., & Adams, J. J. (1979). Longterm memory for a common object. *Cognitive Psychology*, 11, 287 – 307.

Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach.* Oxford: Oxford University Press.

Parsons L. M. (1987). Imagined spatial transformations of one's hands and feet. *Cognitive Psychology* 19, 178 – 124.

Reiser, J. J., Garing, A. E., & Young, M. E. (1994). Imagery, action, and young children's spatial orientation. It's not being there that counts, it's what one has in mind. *Child Development*, 65, 1262 – 1278.

298 Rock, I., & Di Vita, J. (1987). A case of viewercentered object perception. *Cognitive Psychology*, 19, 280 – 293.

Sawyer, R. K. (2004). Creative teaching: Collaborative discussion as disciplined improvisation. *Educational Researcher*, 33 (2), 12 – 20.

Schoenfeld, A. (1992) Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition and sense making in mathematics. In D. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics thinking and learning* (pp. 334 – 370). New York: Macmillan.

Schwartz, D. L. (1993). The construction and analogical transfer of symbolic visualizations. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1309 – 1325.

Schwartz, D. L., & Black, J. B. (1996). Shuttling between depictive models and abstract rules: Induction and fallback. *Cognitive Science*, 20, 457 – 497.

Schwartz, D. L., & Black, T. (1999). Inferences through imagined actions: knowing by simulated doing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 116 – 136.

Schwartz, D. L., Blair, K. P., Biswas, G., Leelawong, K., & Davis, J. (in press). Animations of thought: Interactivity in the teachable agent paradigm. To appear in R. Lowe & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: Research and implications for design.* Cambridge: Cambridge University Press.

Schwartz, D. L., Bransford, J. D., & Sears, D. L. (2005). Efficiency and innovation in transfer. (in press). In J. Mestre (Ed.), *Transfer of learning from a modern multidisciplinary persepctive.* Greenwich, CT: Information Age Publishing.

Schwartz, D. L., & Holton, D. (2000). Tool use and the effect of action on the imagination. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Cognition, and Memory*, 26, 1655 – 1665.

Shelton, A. L., & McNamara, T. P. (2001). Visual memories from non-visual experiences. *Psychological Science*, 12, 343 – 347

Shepard, R. N. (1967). Recognition memory for words, sentences and pictures. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 156 – 163.

Shepard, R. N., & Cooper, L. A. (1986). *Mental images and their transformation.* Cambridge,

MA: MIT Press.

Simons, D. J., & Wang, R. F. (1998). Perceiving real-world viewpoint changes. *Psychological Science*, 9, 315 - 320.

Standing, L. (1973). Learning 10 000 pictures. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25, 207 - 222.

Stevens, A., & Coupe, P. (1978). Distortions in judged spatial relations. *Cognitive Psychology*, 10, 422 - 437.

Suwa, M., & Tversky, B. (1997). What do architects and students perceive in their design sketches? A protocol analysis. *Design Studies*, 18, 385 - 403.

Wertheimer, M. (1938). Laws of organization in perceptual forms. In W. B. Ellis (Ed.), *A sourcebook of gestalt psychology*, (pp. 71 - 88). New York: Harcourt, Brace and Company.

Wexler, M., & Klam, F. (2001). Movement prediction and movement production. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 48 - 64.

Wohlschlåger, A., & Wolshlåger, A. (1998). Mental and manual rotation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 397 - 412.

Zwaan, R. A. (2004). The immersed experiencer: toward an embodied theory of language comprehension. In B. H. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation*, Vol. 43 (pp. 35 - 62). New York: Academic Press.

Zwaan R. A., & Radvansky G. A. (1998). Situation models in language comprehension and memory. *Psychological Bulletin*, 123, 162 - 185.

第18章

素养和学习科学

安娜玛丽·沙利文·帕林斯卡，巴拉布拉·G. 拉德斯基

在我们撰写这一章时，每天大约有20亿条即时信息（instant messages）发送到世界各地；美国92%的公立学校教室都可接入互联网；大学的电子公告板（BBS）向众人介绍了技术素养测试；小说家在网上发表他们的作品；获奖的旅游家在网络上以另外一个身份，撰写网络日志。公众的空间成为一场“文字的战争”（war-chalked），为的是让访问者了解这是让人可以“安居乐业”的高速网络；维基百科（Wikipedia）——一本免费的百科全书——在网上有57种语言版本；密歇根大学和Google公司协商，把大学里700万册图书数字化，使世界上每个角落的人都可以通过网络获取这些资料。简而言之，若要从技术角度来看素养的不断形成，人们可以很容易找到相关的例子。素养的演化实际上是一系列社会技术（social technological）的变更：从纸莎草纸（一种由芦苇制成的书写材料，尤其为古代埃及人、希腊人和罗马人使用——译者注），到纸，到印刷品，到网络空间，技术都影响着我们对文本（text）的使用和解读。

在开始本章内容前，我们先来思考一下典型网站上需要理解和学习的多种形式的素养（literacy）。当第一次进入一个网站时，我们需要马上理解导航索引，计划一条利用网站支持知识建构的路径。通常，用户可以在几种媒体链接中作出选择；同时，能解释听到和看到的信息，并且能够激活模拟仿真设置。用户必须了解图标所代表的含义。当鼠标经过，可能会弹出图片提供的额外信息。图形和表格用来强调一些特别的问题。我们要对所有的信息进行协调、整理，评价其可信度，还要看它们是否与指引用户的问题相关。我们还要了解颜色线索（color cues）——术语表和链接的指示。此外，用户可以选择参与论坛讨论或者选择将网站推荐给伙伴。用户可以是读者也可以是作者，既是知识的消费者又是生产者，可以同时投入到个体和集体的活动中。

问题空间的界定

学习科学与素养共同体（literacy communities）有很多类似和交叉的地方： 300

1. 学习科学围绕教育技术展开（Hoadley，2004），而素养共同体的典型观点是"素养和技术不再是互相排斥的，而是一个联合的词组"（Reinking et al.，1998）。

2. 学习科学（Kolodner，1991）和素养共同体两者都认为建模学习（modeling learning）——而非教导（instruction）——是关注的焦点。学习科学家关注真实世界中的学习（Duffy，2004），素养共同体长期致力于研究真实世界中的素养（Scribner & Cole，1981）。

3. 学习科学和素养共同体一直都探讨和交流认知和社会文化视角下的结构主义（constructivism），两者间合作研究的结论为人们研究知识建构的社会过程提供了更多的参考。利安德（Leander，2003）同样认识到需要在建构知识的认知和社会过程基础上建立一个媒体理论。利安德还提出了文化历史活动理论（cultural historical activity theory，CHAT），该理论主要关注"对媒介、材料技术、语言、文化、个体与系统变化之间的关系进行分析"（p. 395），用于描述网络境脉。

4. 尽管两个团体都投身于实验和自然条件下的探究，但是学习科学家更强调设计的本质，而素养共同体则很少运用设计实验。

5. 素养是一个很宽泛的话题；正如莱姆基（Lemke）所说，"素养是多样的。每一种都包含了一系列相互依赖的社会实践，这些实践关系到人、媒体实体和意义建构的策略"（Lemke，1998，p. 283）。关于素养的定义也是多样的。我们在准备本章内容的时候，从社会文化的视角将素养定义为："在特定的社会和文化境脉中交流和完成目标所需要的所有实践"（Nixon，2003）。该定义与学习科学中关注真实性和情境性实践是一致的。

这两种观点的比较表明：学习科学共同体和素养共同体互相交叉的地方可以让两个领域的研究相得益彰。然而，在学习科学中，素养常常是看不见摸不着的；在素养领域中也没有学者对学习科学作出过显著的贡献，在学习科学领域中也几乎没有专门研究素养的学者。更甚者，素养共同体是排斥新技术和新素养的（Bruce，1997；Lankshear，& Knobel，2003b）。我们可以看看四本关于素养的核心期刊［例如，《读写能力研究杂志》（*Journal of Literacy Research*）、《阅读研究季刊》（*Reading Research Quarterly*）、《书面交流》（*Written Communication*）、《英语教学研究》（*Research on the Teaching of English*）］。在 1990—1995 年间，这几本杂志中谈关于技术方面的文章仅有 2.7%（Kamil & Lane，1998）。同样，在 1995—2004 年期间，这个比重也只是增加到 5.2%（Palincsar & Dalton，2004）。

我们在本章关注**素养的教育和使用，以促进学生个人知识和世界知识的获得和增长**。我们这里所指的并不包括以往关于阅读、写作和口语方面的能力，尽管这些是素养共同体积极探究的领域并取得了丰硕的成果。我们主要关注的并非计算机、因特网或媒体技能的获取。相反，我们关注的是素养在更宽广的学习中所扮演的角色。

301 在准备本章的时候，我们开始对过去10年内关于素养的四本主要期刊（《读写能力研究杂志》、《阅读研究季刊》、《书面交流》、《英语教学研究》）进行详细的调研。我们也对过去5年的《认知与教学》（*Cognition and Instruction*）、《学习科学杂志》（*Journal of the Learning Sciences*）作了调查。当我们通过主题进行查找时，我们查找的主题词是：超媒体辅助技术、多媒体和适应性超媒体系统（adaptive hypermedia systems）。这些主题带领我们在计算机科学、信息和计算机技术的世界畅游。此外，我们还查询了大量最新的手册。

我们开始搜索关于素养这个术语的发展轨迹，也综述关于素养三个维度的研究，学习科学也特别关注这三个维度：操作素养（operational literacy）、文化素养（cultural literacy）和批判素养（critical literacy）。对本章进行总结时，我们对未来研究的发展方向、关于素养和学习科学交集的方法论和理论体系等问题作了进一步探讨。

素养：从历史的角度看

人们在谈及教育的方式、目的和评价时，经常突出使用**素养**这个术语，它实际是一个新术语。但关于**阅读**(reading）这个词却有一段很古老的历史。尼拉·布兰顿·史密斯（Nila Blanton Smith，1965）描述了这段历史在美国是如何发生的："这个关于阅读的故事相当有趣。这个故事反映了新国家形成中宗教、经济和行政机构的不断变更"（p. 2）。为了论证她自己的主张，史密斯描述了美国在不同时期阅读教学所产生的影响，包括：宗教（1607—1776年）、国家的建立和规范（1776—1840年）、公民教育（1840—1880年）、阅读作为文化遗产的观点（1880—1910年）、关于阅读的科学研究（1910—1935年）、国际冲突（1935—1950年）、当今的知识扩展和技术革命高潮（1950年至今）（Leu et al.，2004，p. 4）。

在准备本章的时候，我们关注现在很热门的一个角度——**新素养**(new literacies)："因特网和其他信息与通信技术（Information and Communication Technologies，ICT）的新素养包括能够成功运用并适应现代日新月异的信息与通信技术以及情境的技能、策略和倾向，这些信息与通信技术不断涌现，影响着社会和每个人的生活。这些新素养使我们可以利用因特网和其他信息与通信技术辨析重要问题，获取信息，批判性地评价信息的有用性，利用信息解决问题，以及将问题

解决的方案与他人交流沟通”（Leu et al.，2004，p. 2）。

是否需要扩大素养的定义和建立以信息与通信技术为中心的理论，素养共同体就这两个话题开展了很热烈的讨论。卢夫等人（Leu et al.，2004）认为，在过去的500年中，素养已经在各种各样社会境脉中出现，但它主要是因为书本和出版社的出现而成形的。当今，社会境脉和技术发生了巨大的改变，信息与通信技术和因特网成为素养的核心技术。卢夫等人提出10条可以引导新素养理论发展的原则。

1. 在信息时代的全球共同体下，新素养和信息与通信技术是素养的核心技术。

2. 因特网和其他信息与通信技术要求新素养能尽可能地使它们发挥自己的潜能。

3. 新素养必须是指示性的（deictic）①。

4. 素养和技术之间的关系是相互影响的。

5. 新素养在自然中是多样的。

6. 批判素养是新素养中的重要成分。

7. 策略知识的新形式是新素养中的核心之一。

8. 速度（speed）也要算在新素养中的重要方式中。

9. 学习在新素养中得到社会性建构。

10. 教师变得更为重要，尽管教师的角色在新素养课堂中已经发生了变化（Leu et al.，2004，p. 15）。

302

在当今的技术时代研究素养，人们必须考虑很多的“媒体对象”，而不是传统的书本。**传统的多媒体**（traditional multimedia）是将媒体混合使用，例如同时使用照相机、录音机、录像机和三维实体来展现教学内容——但不是以数字化的形式。**数字化的多媒体**（digitized multimedia）则是数字化混合的媒体（例如，视频、声音、图片、文本、照片），它们处于线性的结构。**超文本**（hypertext）和**超媒体**（hypermedia）指的是将文件置于并行或者基于超链接（hyperbased）的结构中。超文本专指包括字母和数字的文本、图片，而超媒体则包括了声音、视频、动画和虚拟现实环境的文件（Hailey & Hailey，1998）。

有很多人试图比较传统（印刷）文本、多媒体和电子媒体的区别，以及这些不同之处所隐含的意义，以便定义和研究新素养。尽管印刷素养被描述为线性的、有序列的、分等级的和有逻辑的，但超文本的特征一向是不固定的、空间的、去中心的、自下而上的、有趣的（Burbulus，2001；Ryan，1999）。书本之所以是“线性的”，是因为文字都是按照序列一个紧跟一个的，读者就只能从书

① 语言学者使用提示语（deixis）来反映词语的特定特征，像“那里”（there）、“现在”（now）、“很快”（soon）；这些词语的意思依赖于其被说出来的时间和地点（Leu，2000）。

本前面的内容开始看起，再到后面的内容；而网站却是不固定的、去中心的，因为不同的读者可以选择不同的路径浏览网站的信息。线性媒体通常被认为是作者驱动的（author driven）（Bernhardt，1993；Hailey，& Hailey，1998），因为阅读这类文件的读者，在阅读后面的内容时会受到一定的限制（有时候翻回到前面看），而超媒体在某种程度上被认为是读者驱动的（reader driven），因为读者可以在导航或者浏览时选择自己喜欢的路径。

新素养很重要的一个特点就是会不断变化，这个特点促使卢夫（Leu，2000）提出新素养具有“指示性”特征。这个特点也相应地引起了关于素养教育目标是否恰当的讨论：**做有素养的人**、**变得有素养**，或者是**学习适应性素养**（adaptive literacy）：

> 我曾经努力让适应性素养的理念在一定程度上模仿适应性专门技术的理念……随着新技术的发展，那些我们现在还不能概念化的东西会使适应性素养的理念……很有趣。我们根据一个特别的任务调整已有的能力、技能和素养知识。因此，如果我们正在阅读书刊，我们会抽取并使用我们知道的某种东西；如果我们是在屏幕上阅读，我们可能抽取我们知道的其他东西并且应用那种知识。但是适应性素养也意味着我们在学习新实践时要调整素养实践。（Kinzer，转引自 Palincsar & Dalton，2005）

从社会文化角度（Bruce，1997；Green，1988）来看，我们提出与学习科学共同体相关的关于素养的三个维度是：**操作素养**，包括使用工具、程序的能力和熟练运用书面语言的技巧；**文化素养**，被认为是理解实践意义的系统能力；**批判素养**，是指如何运用文本表达自己和他人情况的能力。

操作素养

在本节中，我们列举了三类研究。第一类是将我们的注意力引向由新技术呈现在研究者面前的新景象。第二类包括大量对媒体和文本中学习的各个方面进行检验的研究，这些媒体和文本对于设计、调解新技术中的学习具有启发作用。第三类研究强调新技术的开发，用以加强学习者熟练运用语言的能力，例如，设计一些软件来促进学习者对文本的理解。

303

首先，我们对阅读理解理论要有一定的了解——虽然现在新素养提倡新的技能、策略和倾向，但是这些都建立在最基础的读写能力之上而不是取代它们，如文字识别、词汇知识以及推论、理解、评价，还有应用从文本中获得信息的能力。大多数关于文本理解的研究都是在传统的印刷文本上进行的。因此，我们进行了以上提到的三类研究，最后作出综述并以其中一两个研究作为例子进行了详

细的描述。

当今关于文本阅读理解的理论，影响力最大的是**图式理论**，它揭示了阅读理解是理解新信息和吸收、调节信息到记忆结构或**图式**的过程（Anderson & Pearson，1984）。从这个角度来看，阅读被定义为"读者已有的知识、书面语言暗含的信息和阅读状况的境脉三者在动态交互中进行意义建构的过程"（Wixson & Peters，1984，p. 5）。在这个过程当中，读者既要处理文本的内容，也要理解其结构，从而建构意义。金西（Kintsch，1998；van Dijk & Kintsch，1983）通过他的**情境模型**(situation model）引导人们关注文本组织在建构文本中的观点的心理表征中所起的作用。文本的**微观结构**(microstructure）指的是原文本身的结构，或者原文中句子所传达的信息；而文本的**宏观结构**(macrostructure）指的是表现原文整体结构的层级序列，而这些原文整体结构也源于微观结构。由此，读者从原文表面的结构或者从原文的语义内容来理解原文所表达的意义。读者都知道特定的文本类型是通过特定的方式进行组织的（如，叙述、程序式描述、比较/对比)，他们就利用这些知识进行意义建构。

新技术：重新定义和研究操作素养的舞台

素养共同体反对"任何文本，无论它的结构如何，都给读者预设了一定的意义"这种说法，因为读者总会在句子的字里行间建立一些联系（Purves，1998)。考虑到超文本更体现"读者驱动"的特性，它们更加突出读者在文本中扮演与作者交互的角色，因为读者是自己选择是否遵循或者忽略阅读的路径，他们可以重新组织、改变、扩大或者摒弃路径，而这些路径可能是超文本的创建者最初忘记的。因此，读者要依赖更广阔的领域知识，而不是特定文本结构的层级知识，这个特定文本结构是作者最初所希望建构的意义。

对超文本研究得最好的领域是导航方面的研究。研究者列出了三种常见的导航风格：(1）**知识探索者**(knowledge seekers)，指这样的一类人：他们被搜索的信息所引导，并且被能加深他们对主题理解的屏幕内容所吸引；(2）**特征探索者**(feature explorers)，是指这样的一类人：比起查找、整合信息，他们更乐于去理解超文本的工作原理及屏幕上包含的信息类别；(3）**无动于衷的超文本用户**(apathetic hypertext users)，指那些在搜索中只是采纳简短或者线性的导航路径的人（Barab，Bowdish，& Lawless，1997；Dillon，1991；Lawless，& Brown，1997)。

有关超文本理解的研究中，只有少数研究既考虑超文本的多种特征，又考虑到用户的多种特征。用户的特征会影响用户与文本的交互。劳利斯、布朗、米尔斯和梅奥尔（Lawless，Brown，Mills，and Mayall，2003）曾作过这样的示范性研究。他们研究的目的是为了调查：(1）在超文本环境中领域知识、个人兴趣和

304

情境兴趣之间的关系特性；（2）在回忆超文本环境下的信息时，这些关系特性所产生的影响。实验对象都是学习有关莱姆关节炎疾病的本科生。实验的形式是将六个主题的内容呈现在60张类似网页的超文本中。此外，还通过声音、动画和数字化视频来展现一些补充信息。同时收集原始文件数据作为对回忆的测量。研究发现，当领域知识和个人兴趣以及情境兴趣相关联时，只有领域知识可以预测结构化及非结构化的回忆，而个人兴趣和情境兴趣不能预测回忆。

对数据进一步的挖掘显示，与传统文本交互时，知识丰富的读者会使用导航策略，这些策略反映了读者使用策略的能力。例如，他们会比较屏幕上的信息（在不同的屏幕间交替看），并从不相关的信息中分离出相关的信息（不回忆那些不能促进理解的信息所在的屏幕）。与之相反的是，领域知识贫乏的参与者陷入无规则搜索和选择信息的状态，将更多的时间用于分辨信息特点（视频和声音的效果）。

总的来说，知识丰富的用户平均使用8.4种策略，知识贫乏者平均使用2.1种策略（Lawless & Brown，2003）。研究者明智地提醒这类研究需要重复开展，因为领域知识的结构程度会发生变化（Spiro & Jehng，1990）。而且，实验用的超链接是为这个研究而设计的，用户对自然状态下的超链接可能会有不同的响应。最后，刚刚被介绍进该领域的新学习者可能与其他年级大学生的响应会不同。

华莱士、库珀曼、克拉伊切克和索洛韦（Wallace，Kupperman，Krajcik and Soloway，2000）作了另外一项探讨这些话题的研究。以六年级学生为研究对象，研究者探讨了以下几个问题：学生如何利用网络作为信息的来源？为创造数字化信息环境而设计的有用的工具和结构会在学生使用时引发哪些问题？这些研究是在基于探究的科学课程中进行的（Krajcik & Blumenfeld，本书）；学生在生态学的一个单元中，要学习“食腐动物猎食”的知识。他们在使用超链接和关键词搜索的基础上学习。学生两人一组，要搜索与三个给定的问题相关的信息，并将搜索结果制作成一个总结性的说明。

研究人员选了四对学生作为案例，他们代表不同的性别和种族，且水平层次也不同。研究揭示了学生根据其对任务的理解与实施，将任务归纳为找到“最恰当的资源”，学生将“最恰当的资源”视为包含答案的单个网站；这个目标似乎要取代获取对内容的更深理解这一论题。研究还揭示了学生收集信息时经历的挑战；当他们投身一种有成效的探究时，所遇到的困难最终会产生有用的问题从而引导搜索。关于技术工具的使用，研究者发现，当学生具备了足够的使用网页浏览器和搜索引擎的基本技能时，他们会在导航和搜索活动中相对简化地使用这些工具。他们并不经常使用超链接，当获得反馈时也不经常修改关键词，但常常会陷入明显的无规则的搜索行为中。

305

这两项研究显示，还有大量的工作需要完成，不仅要求在未来的研究中要明

确指出不同的学习者（具有不同的素养、知识和兴趣面）是如何与各种新技术交互的，还要设计出能够支持学习者的活动与工具，以使他们有效地利用新技术来加深对内容的理解。

来自心理学研究的剖析

在超媒体显示的设计问题方面，作者面临着众多选择，但是对于能力选择的指导原则，只有少数经过了经验性验证（Hegarty，Narayanan，& Freitas，2002）。例如，有人可能问，图表显示的方式是不是比句子方式好？三维的显示方式是不是比二维的方式好？动画显示方式是不是比静态方式好？有交互是不是比没有交互好？在本节中，我们将会讲述由赫加蒂（Hegarty）和她的同事所作的一项研究。我们介绍他们的研究时，强调他们的研究成果，也强调他们探究的模式。然后我们通过由迈耶（Mayer）作的一项补充性研究来归纳设计原则，最后从学习科学的视角来评论这项研究。

赫加蒂和她的同事们（Hansen et al.，1998；Hegarty，Narayanan & Freitas，2002；Kozhevnikov，Hegarty，& Mayer，2002）指出，因为新媒体是在创新的教学方法下使用的（例如，发现式、协作式学习、探究），与“传播—接收”模式下的传统媒体进行比较时，媒体的效果和学习环境的效果被混淆了。与传统的包含同样信息的印刷媒体比较时，多媒体呈现的方式（包含动画、注释、超链接）是不是会导致不同的学习效果，这个问题引出了上述研究项目的论题。

在该研究小组进行的一项具有代表性的研究中，学生要学习的内容是理解一个复杂系统，例如一个运作中的贮水器机械系统，研究对象是有代表性的本科生。他们的研究始于找出一些学生在学习这些内容时可能会碰到的各种阅读难点。然后研究者设计课程资料来帮助学生解决这些困难，并使用不同的方式呈现以上课程资料。学习评估有一系列的措施，包括：**大脑活动类问题**（mental animation questions）（例如叫学生预测一个部件如何影响另外一个部件的活动），**功能类问题**（function questions）（例如，“浮标和浮标杆的功能是什么？”），**故障类**问题（fault-behavior questions，问的是系统的一部分出故障后系统将会如何运行）和**障碍排除类问题**（trouble-shooting questions，让学习者根据假设的一系列症状来诊断系统所有可能出现的问题）。

在第一个实验中（Hegarty et al.，1999），研究者比较了三种条件下的学习：一种是超媒体操作（以超链接和动画来完成），另外两种是线性文本条件。他们发现三组中的学习不存在差异，甚至超媒体小组的参与者比文本条件下小组参与者花费了更多的时间与学习内容进行交互。研究者提出通过超文本呈现的额外信息很有可能是多余的，这些额外信息如同马桶水箱是家庭的常见器件一样，参与者已经很常见。

在第二个实验中，研究者比较了限制学习者对超媒体操作和学习者可以自由

导航两种条件下学习的情况。结果显示，第一组浏览导航受限的学习者在系统里比可以自由导航开展学习的学习者花费了更多时间。信息呈现的类型没有对四种评估措施中的任何一种造成影响。研究者提醒大家，这仅是一项关于导航自由的很有限的测试，因为需要导航部分的总数是很少的（七个部分）。

306

在第三个实验中，研究者想要了解以下方面的效果：（a）观看静态的图表；（b）在心理上建构动画过程（这里学习者学习静态的图表，然后尝试向实验者解释机械是如何运作的）；（c）观看系统的静态版本，然后观看系统的动态版本，伴随着声音解说；（d）是联合（b）和（c）两种条件。研究结果显示，看动态图像并且听解说（条件 c）能显著提高学习效果。而且，观看动态图像前尝试在心理上动态地描述系统（条件 d）可以提高描述机器是如何运转的能力（也见 Schwartz & Heiser，本书）。这项研究认为如果信息内容保持不变，仅仅是将信息从传统的印刷媒体转换成超媒体系统，不能影响理解和学习效果。

第二项关于多媒体学习的研究是理查德·迈耶（Richard Mayer）和他的同事做的，由迈耶（Mayer，2001）来总结归纳。关于这项研究需要注意的是，超媒体在这项研究中被狭义解释为“对材料同时使用文字和图片来展示”（p. 2），研究中也没有专门研究信息技术。此外，他的很多研究对象都是年轻人。然而，我们总结他的研究是因为：（a）它是在多媒体学习理论（theory of multimedia learning）的指导下进行的，也为该理论作出了贡献，多媒体学习理论是建立在派威尔（Paivio，1986）的双向编码理论（dual coding theory）、巴德利（Baddeley，1992）的工作记忆理论（working memory theory）和迈耶（Mayer，1996）的有意义学习理论（theory of meaningful learning）的基础上；（b）它致力于探讨个体差异的论题；（c）它可以有效传播学习科学家关于新素养的研究。

这项研究计划产生了七个关于有效整合文字和图片的原则：

1. **多媒体原则**——学生从文字和图片中学习的效果优于仅仅从文字中学习的效果；

2. **空间接近原则**——在页面或者屏幕上，文字和图片一起放得近比放得远学习效果好；

3. **短暂接近原则**——文字和图片同时出现比按次序出现学习效果好；

4. **一致性原则**——不包含无关资料比包含无关资料学习效果好；

5. **形式原则**——动画伴随声音解说比动画伴随印刷文字出现的效果好；

6. **冗余原则**——动画伴随声音解说比动画同时伴随印刷文字、声音解说出现的效果好；

7. **个体差异原则**——设计的效果确实与用户的领域知识和空间能力有关。

学习科学家应该研究这项原则在真实生活的境脉中是否有效。在真实生活的情境中，学习是通过与人和与技术制品交往而发生的。

利用技术提高操作素养

根据调查，美国四年级到十二年级的学生中，有 870 万学生不只是在最低水平上阅读文字有困难，在任何事情上都有困难（Kamil，2003）。他们不能从文字中建构知识，不能利用文字解决创新问题，也不能对文本中的观点表明自己的立场。这些学生中的大部分都是不幸的，他们有特殊的需求，这些人当中包括英语学习者。但这个发现并没有很好地预示这些学生的成功与素养需求有关，素养需求与在当今全球经济中占主要地位的信息与通信技术相关，也与当代知识产品及其传播的方式相关。

30

一些研究者研究超文本支架和其他计算机支持在促进读者的理解中可能会扮演的角色（Strangman & Dalton，2005；MacArthur et al.，2001；Mckenna et al.，1999；Woodward & Rieth，1997）。在这个话题中，研究者们探讨的问题是：使用附有文字语音的数字化文本是不是可以帮助学习者从文本中学习到更多。技术的多样性和研究设计的多样性，给归纳研究结论带来了很多困难。不过，这些研究者总结说，语言反馈的教学效果会由于读者的年龄和初始素养水平不同而不同，高年级（例如四年级到六年级）学生从使用文本到声音的支持中受益更多，可能因为他们遇到了更复杂的文本，或者可能由于这些学生在使用这些支持方面更有策略。然而，如同斯特兰曼和多尔顿（Strangman & Dalton，2005）指出的一样，如果文本对学习者太具挑战性，比如有太多不熟悉的词汇、太多概念、复杂的语法或者对先前知识有要求，那么简单地提供文本的声音是不足以促进对文本的理解的。

另外一系列的研究是通过探究数字化和超文本环境的使用，从而为学生从文本中学习搭建脚手架。很多这样的研究是以有特殊需求的（包括学习障碍和知觉受损）儿童为研究对象的，每项研究的研究对象都相当少。范例包括：在文章中添加对主要观点和定义的描述（Feldman & Fish，1991），这种方法并不能提高高中学生对文章的理解；添加在线词汇表，在问题和原文之间建立链接，将主要观点突出，补充解释（MacArthur & Haynes，1995），这种方法确实使 90% 学习有困难的高中学生在学习中获得进步。尽管实验结果又一次模棱两可，各研究之间的差异还是显示了影响实验结果的几个因素：增强作用（enhancement）的类型和质量、学生的性格、文本和学习任务的要求、学生实际使用增强作用的程度。

现在我们深入解读一个程序例子——**思考阅读器**（The Thinking Reader）（Dalton et al.，2002），这个程序是为了帮助学生获得并学习特定的内容。这个程序提供了复合水平的支持，包括一个多媒体词汇表、背景知识链接和嵌入式的策略指导（模仿交互式教学：Palincsar & Brown，1984）。当学生与文本进行交

互时，程序会周期性地让学生“停下来思考”（stop and think），同时学生要使用推荐的五种阅读策略之一：预测、询问、总结、阐明和可视化。先前的研究显示，学生使用指定的策略时可以体验高水平的挑战。所以，**思考阅读器**会改变其支持水平，当学生刚开始使用程序时它就提供需求最多的策略（总结），而很少在整个程序中提供需求最少的策略（预测）。程序也鼓励学生与文本建立个性化的联系，希望学生作为一个读者反思自己的进步。头像——屏幕上活动的角色形象——像教练一样提供提示，模拟反应，并且参与出声思考。程序会记录学生对文本的反应（口头的或者书面的），为老师和学生提供评价信息。

最开始，对**思考阅读器**的研究是比较两组中学生的阅读成就，一组用**思考阅读器**来体验交互式教学（Reciprocal Teaching），一组用印刷版本的阅读材料来体验交互式教学，两组使用相同的阅读材料（适合于三个年级并且具有吸引力的小说）。实验控制了初始阅读水平，发现使用**思考阅读器**那组的学生成绩显著高于另外一组没有这个环境的学生成绩。如研究者所说，从这些数据中不能分辨出软件如何具体支持（例如，数字化的文本、层次化的支持、多媒体）用户达到成功。

308

文化素养

前面我们谈到的研究几乎都是专门集中在学校工作方面。下面，我们扩大情境，考虑学校里和学校外的素养。从一种文化素养的视角看，素养不是单一的结构，而是根植于一种文化的社会实践并在实践中发展的（Gee，1991，1996）。这种视角在多种途径上扩宽了素养研究。在本章中，我们会简略地讨论以下问题：文化素养视角如何形成研究者所提出的问题的特征？研究者参与了哪种类型的探究？他们的研究以何种途径联系教师及学生的生活？

为什么文化素养的视角有用？考虑这个问题如同考虑计算机和新媒体是如何在当今儿童和青少年的生活中越来越重要这个问题一样；受全球欢迎的媒体文化，包括网络文化，正在不可或缺地影响着儿童和青少年的人际关系、个性和娱乐方式（Hull，2003；Lankshear & Knobel，2003a；Leander，2003）。吉特林（Gitlin，2001）报告说，美国家庭中的小孩平均每人有2.9台电视机、1.8台VCR、3.1台收音机、2.6台磁带播放机、2.1台CD播放机、1.4台视频游戏机和1台电脑。全球媒体文化中的年轻参与者已形成其沟通方式和他们假定的社会身份。这种社会参与者对于建构和协商符号意义的途径是不可或缺的，继而对素养研究者和学习科学家也具有重要意义。

大量素养研究者投身到对图片、电视、游戏和其他媒体的研究中，这些对于儿童和青少年的素养生活来说是很重要的（Alvermann et al.，1998；Dyson，1991；Flood & Lapp，1998；Gee，2003）。例如，钱德勒－奥尔科特和马哈尔

（Chandler-Olcott & Mahar，2003）将**同人小说**（fanfiction）（同人小说是书迷根据原作自己改写，并且把作品贴在网上的创作方式——译者注），或者媒体文本的狂热爱好者大规模的文化袭击，例如动漫（日本动画片），作为他们论文写作的起点。兰可夏尔和柯诺柏（Lankshear and Knobel，2003a）介绍了 Digitarts，这是一个在线的多媒体项目空间，最开始是由澳大利亚年轻妇女专门为服务她们这一群体而建的，现在吸引了不同性别的在社交和文化上弱势的年轻参与者。Digitarts 提供了网页制作的课程和展示与评议多媒体作品的地方，还提供了如何使用新技术开发作品和进行文化实践的一些必要的知识和工具。

赫尔（Hull，2003）在一个大学社团合作中采用民族志方法进行研究，这项研究称为 DUSTY（Digital Underground Storytelling for Youth）——年轻人数字化秘密故事会。与 Digitarts 类似，这个项目的目标是缩小数字鸿沟，给年轻人提供获取新技术的途径，提供可以创造、想象和修改、展示自己和自己观点的环境，还有学习沟通的力量。赫尔证明了这种与不同表征形式相关的、有特色的支持方式是有效的，并且认为教育者要提供以年轻人文化、新媒体和新素养为中心的、可选择的校内和校外学习空间。

309

我们通过展示一项研究对本章进行总结。这项研究是研究家校联合的典型范例，体现了文化素养视角给教育研究带来的力量。莫杰和她的研究团队（Moje et al.，2004）致力于学术研究的目的是推进各类知识和语言使用的策略整合。这些策略整合是年轻人在校外经历的，用于提高校内的内容领域素养（content area literacy）。根据巴巴（Bhabha，1994）、古铁雷斯及其同事（Gutiérrez，1999）、索雅（Soja，1996）的论文，这个团队将这种整合看成“第三空间”（third space）的建构。从这个理论的角度看，个体可以被看作占据了几个“空间”，每一个空间都为学生获取知识以及了解有关读、写、说方面的相关规律提供了独特的机会。“第一空间”（first space）指的是人们的家、社区和同伴的网络；而“第二空间”（second space）指的是在工作、学校或教堂经历的情境，也就是指那些更加正式地使用语言和素养的情境（Moje et al.，2004，p. 41）。

他们研究的目的是记录**知识资产**（funds of knowledge），知识资产是存在于家庭和社区中的智力知识和社会知识（Moll，Veléz-Ibanéz，& Greenberg，1989；也见 Nasir et al.，本书），它也是使用语言和印刷素养（Gee，1996）实现学生在校内外通过文本进行交互的方式。这项民族志研究是在底特律的一个社区和公立学校中进行的，这个地区多数为拉丁美洲人。通过参与观察、访谈和作品的收集，研究者记录了学生在校内外接触和参与过的来自社区、同伴和流行文化这几方面的知识资产。他们的研究揭示了学生很少将校外的知识资产运用到（科学）课堂情境中，哪怕学生校外的知识资产足够丰富，而且这些知识资产不仅可以在校内情境和校外情境之间建立联系，还可以拓宽和加深学生对目标内容知识的理解。在研究的最后，他们呼吁教师应该主动地开发第三空间，方法是让学生参与

到关注（至少是包含）文本以及不同社区经验的实验、讨论、阅读、写作等活动中。

批判素养

有人认为信息时代要求新的**批判素养**，这种批判素养能够使儿童和青少年可以根据个人编写信息时的立场和信息背后的动机来评价信息（Muspratt，Luke，& Freebody，1998）。伯尔特（Bolter，1991）指出超媒体环境中正在形成的素养对以下观点提出了异议：任何独立的文本都呈现作者完整、独立或者唯一的表述。如同阿尔弗曼（Alvermann，2004）所认为的那样："围绕新媒体及信息与通信技术的使用问题的很多讨论都集中到一种已经被意识到的需求上，即应该培养年轻人的批判意识，作者、读者、观众是如何将已发表的文本（印刷的、可视的、口述的）置于特定的文化历史情境下进行理解的。"（p. 78）例如，因为发布网站的过程没有经过编辑或没有经过同行评论，学生需要学习评价因特网上发布信息的可信度。

学校情境下的批判素养的研究相对比较少。阿尔弗曼、穆恩和哈古德（Moon & Hagood，1999）在中学语言艺术课堂上研究了批判媒体素养实践。比奇和迈尔斯（Beach & Myers，2001；Myers & Beach，2001）从语言艺术课堂的角度列举了几个例子，表明新素养是如何呼唤批判意识和批判实践的，也展示了新的呈现形式是如何促进批判意识和批判实践的。例如，可以教导学生思考在广告、视频和文学作品中它们是以何种方式来处理性别、种族、社会属性以及人际关系的。

310 阿尔弗曼和徐（Alvermann and Xu，2003）在他们关于教师和学生如何在教室布置中利用**大众文化**（popular culture）或日常文化的议题中，提出教育者可以使用四种方法。第一种方法是诋毁那种文化，第二种方法是鼓励对文化的批判态度。这两种办法中的任何一个看起来都不能产生永久的改变。第三种方法是强调学生从不同形式的媒体制品中获得的愉悦，该方法的问题是学生的观点没有得到挑战，同时教育者也没有开发工具来探究学生喜欢什么，不喜欢什么。第四种方法是开发学生在利用大众文化中自我反思的能力。从这个角度看，教师为学生提供了机会来探究"大众文化媒体和大量涌现的大众文化符号是如何通过凸显我们情感的、政治的、社会的和物质的生活而使我们处于强大的关系网中"（Alvermann，2004，p. 81）。针对教师引导学生进入批判素养时可能会遇到的各种问题，阿尔弗曼（2004）举了如下例子：

- 超文本阅读在哪些方面具备传统（线性）阅读所不具备的优势？例如，相比传统文本来说，超文本是否允许读者对他所读的内容作多种理解？如果是这样的话，这种优势的结果是什么？哪种读者会从中获益？哪种读者

不能从中获益？

● 超文本如何为读者提供在印刷媒体中不能实现的信息处理方式？在超文本环境下工作，工作的平衡点是什么？

未来发展方向

如同我们在前面两部分所描述的那样，这个领域需要探究儿童和青少年如何通过媒体传递素养技能。为了这一目的，兰可夏尔和柯诺柏（Lankshear & Knobel，2003a，2003b）提出了一个研究计划，这个计划与学习科学研究的两个前沿主题是密切相关的：技术是如何影响学习者和学习环境的，协作和社会情境是如何与学习相关联的。兰可夏尔和柯诺柏认为研究可以由四个象限组成。象限 1 是研究用来教授编码和解码技能的独立机器，这些技能是为了一个或者多个社会目的而使用印刷和多程序文本工作时必需的。象限 2 是研究使用独立机器来促进不确定的能力。象限 3 的特色是联网机器促进编码/解码能力。象限 4 尝试研究使用联网机器促进实践社区中的不确定的能力。象限 4 的一个例子是斯卡达玛莉亚（Scardamalia）和巴雷特（Bereiter）关于知识建构（knowledge building）的研究（本书，Scardamalia，2004；Scardamalia，Bereiter，& Lamon，1994）。在这个研究中，学生的想法是课堂会话的焦点；技术的革新不断使有潜力的教育议程成为可能；文本形式的、图表形式的和计算机支持的素养整合于高级学习中，既是课程和教学的有益补充，也是课程和教学的成果。

这个领域目前正处于边缘交叉协作甚至跨学科综合协作的成熟时期。可以号召那些精通素养学习和教学的学者在新的学习环境中辨别和规划素养需求、学习机会，而这些新的学习环境是学习科学家正在设计和研究的。例如，传统的学者们从事关于**辅助技术**（assistive technology）（例如 Horney & Anderson-Inman，1999）的研究，他们可以寻找到一些适合学生学习的方式，通过这些方式可能会让更多不同的学习者成为宏伟并充满希望的教学情境的受益者。学习科学家和心理学家可以协作开展研究，研究那些大部分都不是基于情境的、通过超文本和超媒体进行学习的学习方式是如何成为真实情境中学习的补充部分。最后一个建议，素养研究者关于儿童和青少年参与到复合素养中的真实学习的丰硕研究成果，可以用来设计干预和教学研究。 311

素养研究面临的问题

要探究个体、技术和学习环境之间的关系形式有专门的研究方法，目前看来应用这种研究方法的时机已经成熟了。如同莱姆基（Lemke，1999）所说的那样，我们需要从仅仅关注技术工具转移到描述系统使用的可持续性。这些方法包

括多维排列和小单元分析。

素养研究者和学习科学家可以使用设计研究法一起协同工作（Barab，本书；Brown，1992；Collins，1992；Confrey，本书；Design-Based Research Collective，2003）。如果再辅以细致的案例研究法，设计研究法将会更加富有成效。案例研究法可以研究课堂，探讨单个教室的情境中学习者、教师、信息与通信技术以及学习服务这四者之间的复杂交互。

结论

在本章中，我们将素养看作是沟通的一系列实践，以提出一系列广泛的目标。目前可以获得一系列支持素养学习和实践的工具提供了丰富和多样的情境，人们在这些境脉中可以进一步研究实践。现在该是做以下几项工作的时候了：（a）在校内境脉和校外境脉中交叉研究；（b）从能够具体描述素养学习和应用问题的多种理论视角进行研究；（c）引入复合的方法来证明和探究素养；（d）素养研究者和学习科学家一起研究。

参考文献

Alvermann，D. E.（2004）．Media，information communication technologies，and youthliteracies：A cultural perspective. *American Behavioral Scientist*，48（1）：78－83.

Alvermann，D. E.，Hinchman，K. A.，Moore，D. W.，Phelps，S. F.，& Waff，D. R.（Eds.）．（1998）．*Reconceptualizing the literacies in adolescents' lives*. Mahwah，NJ：Lawrence Erlbaum.

Alvermann，D. E.，Moon，J. E.，& Hagood，M. C.（1999）．*Popular culture in the classroom：Teaching and researching critical media literacy*. Newark，DE：International Reading Association and National Reading Conference.

Alvermann，D. E.，& Xu，S. H.（2003）．Children's everyday literacies：Intersections of popular culture and language arts instruction. *Language Arts*，81（2）：145－154.

Anderson，R. C.，& Pearson，P. D.（1984）．A schema-theoretic view of basic processes in reading comprehension. In P. D. Pearson（Ed.）．*Handbook of reading research*（255－292）．New York：Longman.

Baddeley，A.（1992）．Is working meory working? *The Fifteenth Bartlett Lecture. Quarterly Journal of Educational Psychology*，44A（1），1－31.

Barab，S. A.，Bowdish，B. E.，& Lawless，K. A.（1997）．Hypermedia navigation：Profiles of hypermedia users. *Educational Technology Research and Development*，45（3），23－42.

Beach，R.，& Myers，J.（2001）．*Inquiry-based English instruction：Engaging students in life and literature*. New York：Teachers College Press.

Bernhardt，S.（1993）．The shape of things to come. *College Composition and Communication*，44（2），151－175.

Bhabha, H. K. (1994). *The location of culture*. London and New York: Routledge Press.

Bolter, J. D. (1991). *Writing space: The computer, hypertext and the history of writing*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. [Also published in hypertext form.]

Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of Learning Sciences*, 2 (2), 141 - 178.

Bruce, B. C. (1997). Literacy technologies: What stance should we take? *Journal of Literacy Research*, 29 (2): 289 - 309.

312

Burbulus, N. (2001). Paradoxes of the Web: The ethical dimensions of credibility. *Library Trends*, 49 (3), 441 - 453.

Chandler-Olcott, K., & Mahar, D. (2003). Adolescents' *anime*-inspired "fanfictions": An exploration of multiliteracies. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 46 (7): 556 - 566.

Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In E. Scanlon & T. O'Shea (Eds.), *New directions in educational technology*. New York: Springer-Verlag.

Dalton, B., Pisha, B., Eagleton, M., Coyne, P., & Deysher, S. (2002). *Engaging the text: Strategy instruction in a computer-supported reading environment for struggling readers* (Executive Summary). Wakefield, MA: CAST.

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5 - 8.

Dillon, A. (1991). Requirements analysis for hypertext applications: The why, what and how approach. *Applied Ergonomics*, 22 (4), 458 - 462.

Duffy, T. M. (2004). Theory and the design of learning environments: Reflections on differences in disciplinary focus. *Educational Technology*, 44 (3), 13 - 15.

Dyson, A. H. (1991). Toward a reconceptualization of written language development. *Linguistics and Education*, 3, 139 - 162.

Feldman, S. C., & Fish, M. C. (1991). The use of computer-mediated reading supports to enhance reading comprehension. *Journal of Educational Computing research*, 7 (1), 25 - 36.

Flood, J., & Lapp, D. (1998). Broadening conceputalizations of literacy: The visual and communicative arts (Visual Literacy). *Reading Teacher*, 51 (4), 342 - 344.

Gee, J. P. (1991). What is literacy? In C. Mitchell & K. Weiler (Eds.), *Rewriting literacy: Culture and the discourse of the other*. New York: Bergiin & Garvey.

Gee, J. P. (1996). *Social linguistics and literacies: Ideology in discourses* (2nd ed.). Bristol, PA: Taylor and Francis.

Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about leaning and literacy*. New York: Palgrave/Macmillan.

Gitlin, T. (2001). *Media unlimited*. New York: Metropolitan Books.

Green, B. (1988). Subject-specific literacy and school learning: A focus on writing. *Australian Journal of Education*, 32 (2), 156 - 179.

Gutiérrez, K., Baquedano-Lopez, P., & Tejeda, C. (1999). Rethinking diversity: Hybridity and hybrid language practices in the third space. *Mind, Culture, & Activity: An International Journal*,

6 (4), 286 - 303.

Hailey, D. E., Jr., & Hailey, C. (1998). Hypermedia, multimedia, and reader cognition: An empirical study. *Technical Communication*, 45 (3): 330 - 342.

Hansen, S., Schrimpsher, D., Narayanan, N. H., & Hegarty, M. (1998). Empirical studies of animation-embedded hypermedia algorithm visualizations. (Technical Report No. CSE98 - 06). Auburn, AL: Dept. of Computer Science & Software Engineering, Auburn University.

Hegarty, M., Narayanan, N. H., & Freitas, P. (2002). Understanding machines from hypermedia and hypermedia presentations. In J. Otero, J. A. Leon, & A. C. Graesser (Eds.), *The psychology of science text comprehension* (pp. 357 - 384). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hegarty, M., Quilici, J., Narayanan, N. H., Holmquist, S., & Moreno, R. (1999). Multimedia instruction: Lessons from evaluation of a theory-based design. *Journal of Educational Multimeda and Hypermedia*, 8 (2), 119 - 150.

Hoadley, C. M. (2004). Learning and design: Why the learning sciences and instructional systems need each other. *Educational Technology*, 44 (3), 6 - 12.

Horney, M. A., & Anderson-Inman, L. (1999). Supported text in electronic reading environments. *Reading and Writing Quarterly*, 15 (2), 127 - 168.

Hull, G. A. (2003). Youth culture and digital media: New literacies for new times. *Research in the Teaching of English*, 38 (2), 229 - 233.

Kamil, M. L. (2003). *Adolescents and literacy: Reading for the 21st century*. Washington, DC: Alliance for Excellent Education.

Kamil, M. L., & Lane, D. M. (1998). Researching the relationship between technology and literacy: An agenda for the 21st Century. In D. Reinking, M. C. McKenna, L. D. Labbo, & R. D. Kieffer (Eds.), *Handbook of literacy and technology: Transformations in a post-typographic world* (pp. 323 - 341). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

313

Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. New York: Cambridge University Press.

Kolodner, J. L. (1991). Improving human decision-making through case-based decision aiding. *AI Magazine*, 12 (2), 52 - 68.

Kozhevnikof, M., Hegarty, M., & Mayer, R. E. (2002). Revising the visualizer-verbalizer dimension: Evidence for two types of visualizers. *Cognition and Instruction*, 20 (1), 47 - 77.

Lankshear, C., & Knobel, M. (2003a). *New literacies: Changing knowledge and classroom learning*. Buckingham, UK: Open University Press.

Lankshear, C., & Knobel, M. (2003b). New technologies in early childhood literacy research: A review of research. *Journal of Early Childhood Literacy*, 3 (1), 59 - 82.

Lawless, K. A., & Brown, S. W. (1997). Multimedia learning environments: Issues of learner control and navigation. *Instructional Science*, 25, 117 - 131.

Lawless, K. A., & Brown, S. W. (2003). Introduction: From digital dirt road to educational expressway: Innovations in web-based pedagogy. *Instructional Science*, 31 (4 - 5), 227 - 230

(4).

Lawless, K. A., Brown, S. W., Mills, R., & Mayall, H. J. (2003). Knowledge, interest, recall, and navigation: A look at hypertext processing. *Journal of Literacy Research*, 35 (3), 911 -934.

Leander, K. M. (2003). Writing travelers' tales on new literacy scapes. *Reading Research Quarterly*, 38 (3), 392 -397.

Lemke, J. L. (1998). Metamedia literacy: Transforming meanings and media. In D. Reinking, M. C. McKenna, L. D. Labbo, & R. D. Kieffer (Eds.), *Handbook of literacy and technology: Transformations in a post-typographic world* (pp. 283 - 301). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Lemke, J. L. (1999). Typological and topological meaning in diagnostic discourse. *Discourse Processes* 27 (2), 173 -185.

Leu, D. J., Jr. (2000). Literacy and technology: Deictic consequences for literacy education in an information age. In M. L.. Kamil, P. Mosenthai, P. D. Pearson, & R. Barr (Eds.), *Handbook of reading research* (Vol. III, pp. 743 -770). Mahway, NJ: Erlbaum.

Leu, D. J., Jr., Kinzer, C. K., Coiro, J. L., & Cammack, D. W. (2004). Toward a theory of new literacies emerging from the internet and other information and communication technologies. In R. B. Ruddell and N. Unrau (Eds.), *Theoretical models and processes of reading* (5th Ed.). Newark, DE: International Reading Association.

MacArthur, C. A., Ferretti, R. P., Okolo, C. M., & Cavalier, A. R. (2001). Technology applications for students with literacy problems: A critical review. *The Elementary School Journal*, 101 (3), 273 -301.

MacArthur, C. A., & Haynes, J. B. (1995). The Student Assistant for Learning from Text (SALT): A hypermedia reading aide. *Journal of Learning Disabilities*, 3, 150 -159.

Mayer, R. E. (1996). Learning strategies for making sense out of expository text: The SOI model for guiding three cognitive processes in knowledge construction. *Educational Psychology Review*, 8, 357 -371.

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.

McKenna, M. C., Reinking, D., Labbo, L. D., & Kieffer, R. D. (1999). The electronic transformation of literacy and its implications for the struggling reader. *Reading & Writing Quarterly*, 15, 111 -126.

Moje, E. B., Ciechanowski, K. M., Kramer, K. Ellis, L., Carrillo, R., & Collazo, T. (2004). working toward third space in content area literacy: An examination of everyday funds of knowledge and discourse. *Reading Research Quarterly*, 39 (1), 38 -70.

Moll, L. C., Veléz-Ibanéz, C., & Greenberg, J. (1989). *Year one progress report: Community knowledge and classroom practice: Combining resources for literacy instruction.* (IARP Subcontract L-10, Development Associates). Tucson: University of Arizona.

Muspratt, A., Luke, A., & Freebody, P. (Eds.). (1998). *Constructing critical literacies: Teaching and learning textual practice.* Cresskill, NJ: Hampton.

Myers, J. , & Beach, R. (2001). Hypermedia authoring as critical literacy. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 44 (6), 538 -546.

Nixon, H. (2003). New research literacies for contemporary research into literacy and new media? *Reading Research Quarterly*, 38 (3), 407 -413.

14 Paivio, A. (1986). *Mental representations.* New York: Oxford University Press.

Palincsar, A. S. , & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension fostering and comprehension monitoring. *Cognition and Instruction*, 1 (2), 117 -175.

Palincsar, A. S. , & Dalton, B. (2004). Speaking literacy and learning to technology; Speaking technology to literacy and learning. 2004 *National Reading Conference (NRC) Research Address.*

Palincsar, A. S. , & Dalton, B. (2005). Literacy and learning speak to technology: Technology speaks to literacy and learning. *The fifty-fourth yearbook of the National Reading Conference*, 54, 83 -102.

Purves, A. (1998). *The web of text and the web of God: An essay on the third information transformation.* New York: Guilford Press.

Reinking, D. , McKenna, M. C. , Labbo, L. D. , & Kieffer, R. D. (1998). *Handbook of literacy and technology: Transformations in a post-typographic world.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Ryan, M. (1999). Cyberspace, virtuality, and the text. In M. Ryan (Ed.), *Cyberspace textuality: Computer technology and literary theory* (pp. 78 - 107). Bloomington: Indiana University Press.

Scardamalia, M. (2004). CSILE/Knowledge Forum. In A. Kovalchick & K. Dawson (Eds.), *Education and technology: An encyclopedia* (pp. 183 - 192). Santa Barbara: ABCCLIO.

Scardamalia, M. , Bereiter, C. , & Lamon, M. (1994). The CSILE project: Trying to bring the classroom into World 3. In K. McGilley (Eds.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 201 -228). Cambridge: MA: MIT Press.

Scribner, S. , & Cole, M. (1981). *The psychology of literacy.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Smith, N. B. (1965). *American reading instruction.* Newark, NE: International Reading Association.

Soja, E. W. (1996). *Thirdspace: Journeys to Los Angeles and other real-and-imagined places.* Oxford: Blackwell.

Spiro, R. J. , & Jehng, J. (1990). Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for the non-linear and multidimensional traversal of complex subject matter. D. Nix & R. Spiro (eds.), *Cognition, education, and multimedia.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Strangman, N. , & Dalton, B. (2005). Technology for struggling readers: A review of the research. In D. Edyburn (Ed.), *The handbook of special education technology research and practice* (pp. 545 -569). Whitefish Bay, WI: Knowledge by Design.

van Dijk, T. A. , & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension.* New York: Academic Press.

Wallace, R. M., Kupperman, J., Krajcik, J., & Soloway, E. (2000). Science on the web: Students online in a sixth-grade classroom. *The Journal of the Learning Sciences*, 9 (1), 75 - 104.

Wixson, K. K., & Peters, C. W. (1984). Reading redefined: A Michigan Reading Association position paper. *Michigan Reading Journal*, 17, 4 - 7 (see p. 5).

Woodward, J., & Rieth, H. (1997). A historical review of technology research in special education. *Review of Educational Research*, 67 (4), 503 - 536.

第四部分

可视化知识



第19章

基于项目的学习

约瑟夫·S. 克拉斯克，菲莉丝·C. 布卢门菲尔德

任何一位教师或家长都能告诉你这样一个事实——许多学生在学校都感到很厌烦、无聊。但许多人认为这种情况应该不会发生在好学生的身上，并认为任何学生只要肯努力，认真学习，是不会厌学的。在20世纪80年代和90年代，教育研究人员逐渐意识到，学生出现厌学时，是不会投入到学习中的（Blumenfeld et al.，1991）。研究者对学生的经历进行研究后发现，几乎所有的学生都或多或少出现过厌学情绪，即使考试成绩好的学生也如此（Csikszentmihalyi，Rathunde，& Whalen，1993）。在1990年左右，研究人员发现厌学不是学生的过错，而是学校教育结构有问题。如果能找到一个办法激励学生学习，如果能重构课堂，那么学生就会产生学习动力，情况就会发生巨大的变化。

同在1990年左右，研究人员在一次大学新生测验中发现，学生在高中所学的知识不是很扎实。即使名牌大学的高分学生，表现也不尽如人意，在科学、文学、数学等方面的深层概念理解能力尚未建立起来（Gardner，1991）。这些问题目前仍然摆在教育者面前。

学习科学研究为这些问题提供了一些可能的解决方案。学习科学运用认知科学及其他一些相关概念，揭示了深层概念理解的认知结构，发现了管理学习的原则，同时也详细阐述了学校只教授表层知识却不教授更深层次知识的事实。许多学习科学家利用这项研究来开发新型课程，目的是加强学生的参与意识，使学生对重要概念达到更深层次的理解。我们在**基于项目的学习**（Project-Based Learning，PBL，下同）方面作了一些研究（Blumenfeld et al.，2000；Krajcik et al.，1994）。PBL使学生通过应用知识、操作实验的方式来学习知识。学生参与的真实学习情境与成年专家的研究活动极为相似。PBL是一种基于建构主义理论的情境化学习方式（Greeno，本书），认为学生通过实际操作及思想的实践，能够加深对学习材料的理解。在PBL方式中，学生参与真实而有意义的问题探讨，PBL与学生的生活密切相关，学习方法类似于科学家、作家、历史学家，等等。PBL课堂允许学生探究问题、提出假设、作出说明、讨论思想、彼此质询、试验新思

想。研究表明，PBL课堂的学生比传统课堂的学生学习成绩更好（Marx et al.，2004；Rivet & Krajcik，2004；William & Linn，2003）。

PBL是一套设计学习情境的完整方法。PBL有五大特征（Blumenfeld et al.，1991；Krajcik，et al.，1994；Krajcik，Czerniak & Berger，2002）：

1. 从一个需要解决的问题开始学习，这个问题被称为驱动问题（driving question）。

2. 学生在一个真实的情境中对驱动问题展开探究，解决问题的过程类似学科专家的研究过程。学生在探究过程中学习及应用学科思想。

3. 教师、学生、社区成员参加协作性的活动，一同寻找问题解决的方法，与专家解决问题时所处的社会情形类似。

4. 学习技术给学生提供了脚手架，帮助学生在活动的参与过程中提升能力。

5. 学生要创制出一套能解决问题的可行产品（products）。这些又称制品（artifacts），是课堂学习的成果，是可以公开分享的。

接下来，我们将归纳PBL背后的学习科学理论。我们注重把PBL的方法应用到科学课堂中去，揭示PBL原则与实践之间的联系。经过10年的科学课堂教学研究，在如何运用PBL方面我们获得了若干重要的经验。本章主要介绍这些经验，按五大特征分别叙述。在结尾部分我们讨论PBL在课堂推广中遇到的问题。

PBL的理论背景

PBL可追溯到一个世纪前教育学家和哲学家杜威的教育理论。杜威（Dewey，1959）在芝加哥大学实验学校进行了教育改革实验。如果学生参与到一些真实且有意义的任务中，并且这些任务或问题是仿效专家们所从事的工作，那么学生将会对学习材料产生自己的理解。在过去的20年中，学习科学研究者对杜威最初的理论进行了提炼和总结，即积极的调查和参与可引至更深层次的理解。学习科学方面的新发现也引出了理解孩子如何学习的新方法（Bransford，Brown，& Cocking，1999）。我们主要依据四种学习科学观点：积极建构、情境学习、社会交互、认知工具（cognitive tools）。

积极建构

研究发现，学习者只有根据自己的经验与外界交互，并积极建构意义的时候，深层理解才会发生。学生从教师、电脑、书本中被动接受信息的学习方式是表层的学习（superficial learning）（Sawyer，本书）。理解的发展是一个持续不断的过程，需要学生从新的经历和概念中建构、从先行知识和经历中重构。教师、

教材是不能把知识传递给学习者的，相反，学习者通过探究周围的世界、与环境交互、观察现象、产生新想法、与他人讨论，来积极建构知识。在 PBL 中，学生参与真实世界的活动，模拟专家研究的过程，解决问题，开发作品。

情境学习

研究表明，在真实情境中发生的学习最有效。有些学科需要科学家在实验室中实验。有些学科需要系统地观察自然，并从中得出一定的结论。学科教学中的情境学习让学生参与各种各样的科学实践，体验科学现象，如设计调查、作出解释、设计模型、表达观点，等等。情境学习的益处是学生能够更方便地了解任务与活动的价值及意义。学生依据教科书中的详细步骤做科学实验的时候，并不比被动地听演讲好。无论哪种方法，都无法让学生理解学习的意义所在。只有当他们设计出自己的调查方案，回答一个对自己和社会都有意义的问题时，他们才能意识到科学在解决重要问题时的方式和意义。

情境学习的另一个意义在于可以把学习到的经验普遍地运用在更多的情境中（Kolodner，本书）。学生通过记诵无意义、无情境的内容来获取信息，其理解是浅层次的，学生无法把学到的经验应用到新情境中去。学生跟着课本的步骤，一步步地做科学实验，不能学会在课堂以外的情境中如何、何处应用这些知识。然而，当学生在有意义的情境中获得信息，并将其与先前的知识经验建立起关联的时候（Blumenfeld et al.，1991），他们能在新的情境中应用这些知识，并获得更好的、更广泛的概念理解。

社会交互

学习科学研究中最重要的发现是社会交互在学习中所起到的重要作用（Collins，本书；Greeno，本书；Sawyer，本书）。最好的学习结果通常源自某种特别的社会交互：教师、学生、社区成员在共同情境活动中建构与分享知识。学习者通过分享、应用、讨论等形式发展对学科的理解能力（Blumenfel et al.，1996）。这个反复分享、应用、讨论的过程促进了学习社区的形成。

认知工具

研究表明，工具在学习中具有重要作用。认知工具可以扩展学生的学习范围及能力（Salomon，Perkins & Globerson，1991）。图表是认知工具的一个例子，它能帮助学习者分析数据的模式。各种形式的计算机软件可以认为是认知工具，因为它们允许学习者执行各种任务，而很多任务没有软件是无法完成的。例如，

某个新软件能使复杂的数据可视化（Edelson & Reiser，本书）。在这种语境中，我们把计算机软件定义为学习技术。

学习技术能支持学生：（1）收集与处理一系列的科学数据信息；（2）提供科学家使用的可视化数据分析工具；（3）在不同网站间收集信息与分享信息；（4）计划、建造、检验模型；（5）制作多媒体文件，方便学生表达理解（Novak & Krajcik，2004）。这些特征扩展了调查问题的范围，使学生能够多维度地体验各种现象。尽管学习者能够使用各种认知工具，但在 PBL 中我们特别关注学习技术的运用。

320

基于项目的科学课程

在 20 世纪 90 年代早期，教育者逐渐认识到多数学生学习科学的动力不足，即使最好的学生也仅能获得对科学知识的浅层理解。研究者发现无效的教科书设计和教学方式等是主要的原因。科学教科书肤浅地覆盖了很多主题，知识点集中在技术术语方面，没有考虑学生的先前知识如何，缺乏对真实世界的连贯解释，没有给学生提供亲身解释科学现象的机会（Kesidou & Roseman，2002）。尽管多数科学教师安排了实验内容，但仅仅确定了实验的步骤——科学家称这种方式是“菜谱”式的步骤。“菜谱”式步骤并不要求深度地理解教材，它使学习处于一种肤浅的状态。

根据这些发现，几位研究人员与中小学理科教师合作，探究基于项目的教学方法（Blumenfeld et al.，2000；Krajcik et al.，1994；Krajcik et al，1998；O'Neil & Polman. 2004；Poman，1999；Ruopp et al.，1992；Tinker，1997；William & Linn，2003）。在基于项目的科学课程（project-based science，PBS）中，学生探究真实而有意义的问题，这些问题对学生是有重要意义的。探究的过程与科学家的行为是一样的。在项目学习课堂上，学生探究科学现象、调查问题、讨论观点、挑战他人的观点和检验新的观点。研究表明，PBS 能够帮助各种学生，无论何种文化、种族、性别，积极参与到科学的学习中（Atwater，1994；Haberman，1991）。

PBS 回应了一些全国性教育组织对科学教育的呼吁。美国《国家科学教育标准》（*National Science Education Standards*）（National Research Council，1996）等高度重视探究性学习，认为探究性学习能够促进个人决策能力，参与社会文化事务及经济生产等方面的能力。美国科学促进协会（The American Association for the Advancement of Science，AAAS）在《为所有美国人的科学》报告中，号召美国学生养成良好的学习心理习惯，如：对同一现象或发现有多种解释，做科学记录要诚实而完整，科学研究要精确、细致。

在 20 世纪 90 年代，密歇根大学交互计算机教育中心［University of Michi-

gan，the Center for Highly Interactive Computers in Education（hi-ce）］研究小组开发了 PBS 的学习策略（Blumenfeld et al.，1991；Krajcik et al.，1998；Marx et al，2004），应用 PBS 原理开发与设计课程教材。我们与高中教师合作开发了 PBS 的学习情境，把不同学科，如生物、化学、地理等整合到三年的课程中（Heubel-Drake et al.，1995）。hi-ce 还与高中教师合作，帮助他们转变教学方法（Fishman & Davis，本书；Novak & Gleason，2001；Scott，1994）。近期，我们为 NSF 赞助的底特律城市系统项目开发课程教材，促进系统的转变（Blumenfeld et al.，2000；Marx et al.，2004）。

PBL 学习环境的若干经验

在最近的七年中，我们参与了城市学校学习技术中心（Center for Learning Technologies in Urban School，LeTUS）的研究工作（Blumenfeld et al.，2000；Marx et al.，2004），及“通过科学和技术探究世界”（Investigation and Questioning our World through Science and Technology，IQWST）的课题（Reise et al.，2003）。我们与教师一起设计、开发、测验课程教材。LeTUS 与底特律的公立学校、芝加哥的公立学校、西北大学、密歇根大学展开了合作研究，目的在于提高科学教学的质量，LeTUS 合作项目的研究核心是应用学习基础支持城市学校的课堂教学。IQWST 是密歇根大学与西北大学设立的联合研究机构，致力于开发下一代的初中课程教材。目前，密歇根大学与 LeTUS 已经开发了五个不同的基于项目科学课程单元，供六、七、八三个年级使用。

321

在参与此项研究的过程中，我们获得了很多经验（Blumenfeld et al.，1994；Krajcik et al.，1998；Marx et al.，1997；Tinker & Krajcik，2001）。我们把这些经验分成五个类别，总结了 PBL 的五大特征：驱动问题、情境探究、协作、学习技术、制品。

特征一：驱动问题

驱动问题是 PBL 的标志性特征，是指对学习者而言有意义且重要的问题，是 PBL 的核心（Blumenfeld et al.，1991；Krajcik et al.，2002）。驱动问题要包含有价值的内容，并以一个真实世界中的情境作为锚点（anchor）。驱动问题用来组织并推动项目的活动，提供一种情境以便学生可以探究学习的目的和进行科学实践，并使得整个项目活动连贯、一致。学生在寻求解决方案的过程中，加深了对科学概念、科学规律及应用前景的理解（Edelson，2001）。好的问题能够引发学生的学习欲望，使学生认识到有很多真实的问题等待解决（Reiser，2004）。在整个项目过程中，教师要维持学生对驱动问题的注意力，并把学生探究的各种

观点联系起来。

一个好的驱动问题有五个特点。(1) **可行性**：学生能够设计方案、执行调查、回答问题。(2) **价值性**：包含丰富的科学内容，符合国家及地方课程标准的要求，符合科学家的研究方式。(3) **情境性**：真实而有重要价值的情境。(4) **意义性**：要探究对学习者有用且有趣的题目。(5) **道德性**：PBL 不能够对个人、集体及环境造成危害（Krajcik et al.，2002）。

在 PBS 中，教师或者课程设计者选择驱动问题，或者与学生一起选择驱动问题（Krajcik et al.，2002；Scardamalia & Bereiter，本书）。有的基于项目的方法，是从学生寻找自己的驱动问题开始的。这样的问题通常对学生是有意义的。然而，让学生提出符合驱动问题特点的问题是有难度的。我们的办法是围绕着一个驱动问题设计课程。我们与教师一起选择题目，让学生参加项目，提出单元中的相关问题，允许学生为他们自己提出的问题寻找答案。我们设计了一个名为“机械如何帮我们建造大东西”的单元（Rivet & Krajcik，2004）。在这个单元中，学生们学习力的平衡、力与运动的关系、简单机械、机械组合、机械的价值等内容，最后学生要设计一个比较复杂的机器，并解释它的工作原理。

经验 1a：帮助学生认识驱动问题的价值

322 学生不一定能够认识到驱动问题的价值。教师与课程设计者需要帮助学生认识驱动问题的价值。我们应对这个问题的办法叫**抛锚体验**(anchoring experience)(Cognition and Fechndogy Group at Vaderbilt，1992)。抛锚体验为学生呈现了一般性的经验，使之与项目中的新经验建立联系（Rivet & Krajcik，2002；Sherwood et al.，1987)。抛锚体验为学习者呈现有意义的背景。项目定位设计在项目的开始，贯穿于项目的全过程，显示出了驱动问题的价值（Cognition and Techndogy Group at Vaderbilt，1992；Marx et al.，1997；Rivet & Krajcik，2004)。

“好朋友会让我生病吗”单元（Hug & Krajcik，2002)，课程时间为 8 周，根据国家课程标准中关于细胞、系统、微生物、疾病等方面的内容设计。课程中讲述了一个南非儿童感染艾滋病的故事，这个故事便是抛锚体验的应用，为讨论疾病与学生、学校之间的关系提供了背景。在第二个抛锚体验中，学生参加了一个活动，模拟传染病流行的情形。每人手持一只装有混合物的试管。有几支装的是指示剂，能与其他试管中的物质发生化学反应。当学生们在教室内自由走动，彼此交换试管中物质的时候，越来越多的试管改变了颜色。这个小活动模拟了传染病的传播过程，为学生提供了一个共同的经验，使学生在整个项目中有了随时可以引用和讨论的背景话题（Hug & Krajcik，2002)。

经验 1b：课程标准与内容的深层考察

很多驱动问题与国家或者地方课程标准的重要学习目标不一定匹配。在 LeTUS课题中，我们选择那些学生感兴趣，而且对社区有用的题目来设计课程材料。我们选择了诸如“社区空气质量怎么样”、“附近河流的水质如何”等问题。尽管学生对这些题目感兴趣，而且这些项目按理说是符合课程标准的学习目标的，但总体上说，这些问题涉及的标准不够系统化。

在 IQWST 的课题中（Reiser et al.，2003），我们开发了新材料。IQWST 团队计划，对全国教师及学生使用的第二代课程材料进行设计、开发并测试。研究成果逐步推广，为广大教师服务（Dede，本书）。这些学习材料与课程标准保持了一致性。为了能够使 PBS 符合课程标准，我们设计了三个步骤的过程。我们从课程标准中选择了一些标准条目，从这些条目出发设计教材（Wiggins & McTighe，1998）。例如：美国《国家科学教育标准》（National Research Council，1996）中有这样一条：

> 物质具有的特性包括密度、沸点、可溶性等。这些特性与样本的量无关。（内容标准 B5—8：1A）

根据这条标准，我们希望学生学到些什么呢？为了阐明上述问题，用**学习绩效**（learning performance）的概念重新编写了这条课程标准（Perkins et al.，1995）。把学生在学习完该内容后应该表现出的思维能力明细化（Reiser et al.，2003；McNeill & Krajcik，出版中）。学习绩效以学生应该掌握的认知任务的形式来描述标准。如现象描述、利用模型解释数据、作科学解释、验证假说等（Reiser et al.，2003）。

323

我们将学习绩效看作是设计驱动问题、任务以及评价的指南。我们认为这个过程能够使 PBS 与国家或者地方的课程标准保持一致。然而，我们更关注的是，单纯从标准出发是不能设计出学生认为有价值和喜欢的驱动问题的。在 IQWST 前面某个单元的发展中，我们采用了从标准化学习目标出发设计目标的方式，具体课程内容是化学反应与物质转换（McNeill & Krajcik，出版中）。我们与教师开了几次会，讨论了该用什么样的驱动问题。有些提议比较平淡，不能激发起学生探究科学现象的愿望。最终，我们设计出了“我怎样从旧东西中造出新东西？”。我们设计了一个制造肥皂的例子作为抛锚体验。

特征二：情境探究

在整个科学教育的历史中，全国性的教育组织及著名科学家无不认为科学教

育应该效法真实的科学研究过程（Hurd，1970；National Research Council，1996；Rutherford，1964；Scardamalia & Bereiter，本书）。科学课堂应该与科学保持一致，但是，科学课堂毕竟不是科学实验室。科学的目标是解释与预测现象，比如侵蚀、疾病、生锈、植物生长、自由落体，等等。在科学探索中，科学家为了回答这些现象中的问题而进行研究。科学家在理论或者先前研究的基础上作出假设，设计可利用工具和技术进行搜集、分析并解释数据的调查研究方案；然后对现象作出解释。这些都是科学实践：了解并运用科学家所使用的多种方法，来探究自然世界（National Research Council，1996）。尽管科学家们并不是沿着固定的步骤产生新的科学理解，但所有的科学家们都利用数据和理论，来解释和预测发生在自然界的现象。

在 PBS 课堂，学生利用学到的新思想探究驱动问题，在一段时间内持续地研究驱动问题。这与传统科学课堂是不同的，传统课堂的活动一般是短暂的，实验步骤已经被固定，鲜有探究的过程。在“附近水质状况如何”单元中（Singer et al.，2000），学生运用不同的方法来对水的质量进行测试，例如根据 pH 值、混浊程度、温度、含氧量等来推断水的质量。在“好朋友会让我生病吗”单元中，学生设计并动手做了实验，观察细菌的生长。通过上述各种方式，学生参与了科学探究的实践。

经验 2a：帮助学生设计调查方案

初中生参加科学调查的活动还是有一定难度的，有些学生缺乏这方面的经验（Edelson & Reise；Krajcik et al.，1998）。为了方便教师教学，我们提供了详细的课程材料，帮助学生设计基于问题驱动的调查。教师首先要确定好调查的模式，并让学生提建议。然后，教师要求学生根据材料中提示的技巧设计自己的调查，教师要及时给予反馈。在“传染性疾病”项目中，学生研究细菌增长的问题时，胡克与克拉斯克（Hug & Krajcik，2002）提出了这种策略：教师首先提出问题“我的手上有细菌吗”，并且讲述为何这类问题就是好的问题。然后，教师示范这类问题是如何通过培养细菌、利用适当的实验技术（如使用无污染的盘子作参照物对比）等进行探究的。在细菌繁殖出来后，教师要教学生如何计算细菌群落的数量，并要写一篇说明短文。

324

在教师示范了研究过程后，学生要提出相关的问题，并自己作调查，必要的话，可以修改教师的实验模式。把学生分成若干组，让学生提出一些问题，如“洗手与不洗手有什么区别”和“擦过的餐桌上还有细菌吗”，全班讨论这些问题，鼓励学生反思。接下来，学生参照教师的模式，设计问题解决的方案。例如，如果某同学问：“洗手后细菌会减少吗？”大家要用琼脂设计实验，将洗过的手与没有洗过的手作个对比。在实验中，教师要允许学生互相反馈信息，及时

指点，观察各个小组的问题和调查方案是否可行。我们在课程材料中编有详细的评论及实验情形的基本原理，支持教师的课堂教学（Davis & Krajcik，2005）。

经验 2b：撰写结论和解释

在调查过程及数据收集完毕后，要指导学生分析、解释他们所发现的事实。许多研究表明，学生很难作出科学性的解释（McNeill & Krajcik，出版中；Palincsar，Anderson，& David，1993）。有研究表明，学生无法正确地解释说明自己的论点（Sadler，2004）。比如，不知道如何采集证据、使用证据（Sandoval & Reiser，2004），无法作客观的描述（Hogan & Maglienti，2001）。利用证据作出解释需要一定的复杂思维能力及经验，这种思维能力是多数学生所不具备的。实际上，有些教师也比学生好不了多少。教师习惯了教科书中程式化的实验过程，采用现成的实验数据，但很少有机会使用与解释真实的数据。因此，教师也需要相关的支持，从而帮助学生创建解释及结论（Krajcik et al.，1998）。

为了克服这个挑战，我们帮助学生编写解释性文本，使实验过程及思维过程清晰化，并为学生提供脚手架（McNeill & Krajcik，出版中；Moje et al.，2004）。我们的策略有：使科学原理清晰化，解释现象背后的原因；把建构解释的方式模式化，为学生参与解释分析提供机会；给学生的调查表（investigation sheet）编写脚手架式的评论。我们为学生提供了一个解释框架，包括三个部分：**论点**（claim）、证据、推理。**论点**是学生对探究的现象所下的论断。证据支持采用科学数据的观点，这些科学数据可来自观察、阅读资料、数据建档、学生所作的调查等不同途径。**推理**把论点与证据连接在一起，进行论证。使用恰当的科学观点，表明数据为什么能够作为证据来支持论点（McNeill & Krajcik，出版中）。

特征三：协作

325

PBL 为学生、教师及社区成员彼此协作、调查问题、交流思想提供了机会。教室成为学习者共同体（Brown & Campione，1994）。在教室中，学生彼此之间协作，也可以和教师协作，提出问题、作出解释、形成结论、理解信息的意思、讨论数据、展示发现等。例如，我们让学生互相质疑，并对彼此的解释给出反馈。课堂外，学生参与到学生以及与成人的交流中，协作学习能帮学生对科学观点和学科的性质建构共享的理解。

经验 3a：创建对话社区

学生一般不会自然而然地与同学协作（Azmitia，1996），教师要帮助学生发

展协作的能力，如会话转换技巧（turn-taking）、倾听、尊重等（Krajcik et al.，2002）。学生通常缺乏协作的技能及经验，教师要在一个完整的学年中帮助他们建立协作关系。教师要教导学生彼此倾听，对不同的思想进行比较。让学生写下他们的想法，然后与伙伴比较，比如，可以写如下小“纸条”：“我的想法与同伴的如下观点是相似的”，“我的想法与我的同伴在如下方面是不同的”（Krajcik et al.，2002；对比 Andriessen，本书；Scardamalia & Bereiter，本书）。

教师面临的另一挑战是转变学生所期望的讲授—接受模式的课堂文化。大多数学生习惯了教师告诉他们正确答案，在开始的时候并不能认同协作学习的模式，他们坐在那里等教师公布答案，并不肯花力气去探究。教师有时候也容易陷入旧的套路，很自然地就把答案告诉了学生，因为毕竟是以学生是否掌握了这些知识来评价的。为了改变学生一直以来的讲授—接受教学模式的习惯，教师需要利用整个学年的时间，来使学生适应协作学习的方式。

另一项挑战是，我们观察到，教师经常压缩学生协作的时间。这可能是因为教师缺乏适当的支持性策略。然而，教师没有认识到协作的重要性或许是根本原因。这是更难逾越的挑战，因为这取决于教师对“什么促进理解力”的信念。

特征四：技术工具支持学习

技术工具能促进课堂环境的转变，使学习者积极地构建知识（Linn，1997；Tinker，1997；White & Fredrickson，2000）。爱德尔森（Edelson，2001）提出了学校应运用技术工具的三大原因：（1）技术与科学实践有内在的一致性；（2）技术能够动态、交互地呈现信息；（3）技术能为改变讲授—接受教学模式提供前所未有的机会。

学生利用学习技术可以接触到互联网上真实的科学数据，从网络上与别人协作（Stahl et al.，本书；Novak & Krajcik，2004；Scardamalia & Bereiter，本书；Schofield，本书），收集数据，绘制图表，分析数据（Edelson & Reiser，本书；Schwartz & Heiser，本书），创建模型（Lehrer & Schauble，本书），制作多媒体作品。学习技术允许学生扩展课堂视野，是强有力的认知工具，可促进教师的教与学生的学（Krajcik et al.，2002；Novak & Krajcik，2004；Linn，1997；Metcalf-Jackson，Krajcik & Soloway，2000）。

326

在“水质”项目中，学生用各种传感装置收集河流的 pH 值、温度、浑浊度等数据。学生带着笔记本电脑到河边，数据能够立刻显示成图表的格式。有些传感装置能让学生把收集到的数据带回处理，在教室的电脑中显示成图表格式。学生根据学到的新想法开发计算机模型，显示影响水质的各种因素。技术帮助学生在不同的科学观念间建立联系，形成丰富而深刻的理解力。

经验 4a：计算机资源不足

“好朋友会让我生病吗”单元中利用了 Artemis（为学生使用而设计的电子资源）（Hoffman et al.，2003）进行了一个为期五天的网上活动。学生利用 Artemis 探究各种资源，探究传染病的成因、症状、诊疗方法。这个活动是一项有价值的活动，能促进学生信息收集能力与信息综合能力的提高，得到了教师和研究人员的认同。

然而，教师很少能够实际运用 Artemis 资源，因为学校的计算机教室不可能提供充足的时间，而且有些学校的电脑是不能上网的。在多数的初中学校，教室中并无电脑，这就限制了学习技术的运用（Fishman et al.，2004；Schofield，本书）。而且学校很难专门为科学课准备电脑。有时候，教师发现电脑机房被其他教师或者班级使用；有时候，计算机教师告诉科学教师，传感器等技术工具无法在学校的电脑中使用；有时候，计算机教室中的机器不能安装各种软件和硬件；有时候，科学教师事先调好了机器，上课的时候却发现设置被改动了。

因此，需要在普通的教室中设置网络，把电脑整合到普通的课堂中去，而不是仅仅在固定的计算机教室使用电脑（Blumenfeld et al.，2000；Fishman et al.，2004；Schofield，1995，本书）。

经验 4b：应用技术工具需要更多的时间

使用 Artemis 需要占用五天的时间，教师一般不太愿意用它。他们认可 Artemis 的价值，但无法协调时间，毕竟学校中还有其他的课程要学。几乎所有的建构主义学习方法都面临着时间紧张的问题。学生在有意义的情境中建构知识需要更多的时间才能完成任务。

经验 4c：学习技术整合于课程材料

在现存的课程单元中融入新的学习技术是有必要的。我们并不是一开始就运用 PBS 理念开发课程材料。最初，我们帮助教师理解 PBS 的特征，把他们的课修改成 PBS 的格式（Krajcik et al.，1994）。后来，学校的教师和教育管理人员明确地告诉我们，应该为教师提供指导性的材料，帮助教师利用学习技术开展探究性科学学习，使他们拥有丰富的经验、技能，提高教学水平。于是，我们在 PBS 的原理上开发出了课程材料，把学习技术整合进来。（Marx et al.，2004；McNeill & Krajcik，出版中；Rivet & Krajcik，2004）

例如，Model-It 软件，把许多课程材料打包在一起。学生用这个软件建立复 32

杂的动态系统模型，并测量、评价这个模型，如人体系统模型（Metcalf-Jackson, Krajcik, & Soloway, 2000）。建构模型的过程使学生深刻地认识到复杂系统各变量间的相互关系（Lehrer & Schauble; Spitulnik et al., 1997; Stratford, Krajcik & Soloway, 1998）。

在某个项目的全过程及不同项目中使用类似 Model-It 软件，可以使学生深入地理解此类工具的使用过程，并认识到工具的潜力。学生在一个项目中应用过几次 Model-It 以后，增强了创建、测试模型的能力，加深了对“建模”重要性的认识（Fretz et al., 2002）。

特征五：创造制品

学习科学的研究表明，学生在创造制品的时候学习效果更好。制品是知识建构的外在表现。PBS 中的制品是驱动问题调查的衍生结果。学生制品包括实体模型、录像带、绘图、游戏、戏剧、网站、电脑游戏等（Blumenfeld et al., 1991）。制品要能体现驱动问题，表现出学生逐渐深入的理解能力，支持学生发展与项目学习目标相关联的理解能力，发挥出制品的效用。

PBS 为什么会重视制品的发展呢？首先，通过创造制品，学生建构、重构他们的理解。当学生创造制品，对制品进行反思时，他们积极地运用科学思想。例如，在解释的过程中，学生将应用科学规律、科学概念支持他们对现象所作的论断，这有助于学生在不同思想概念间建立联系，促进学生理解力的深化。

其次，学习发生的过程是非线性的、非分离式的。评估不能局限在细小的片段信息上（Pellegrino, Chudowsky, & Glaser, 2001）。学习复杂的思想需要时间，不同的思想汇集、碰撞，学习任务促使学生发展综合思考的能力。学生通过项目创造制品，这个过程与真实生活中的学习是一致的，是一个连续的过程（Krajcik et al., 2002; Scardamalia & Bereiter, 本书）。学生理解力发展状况如何？教师通过各种不同项目中学生所创造的制品便可了解。通过制品，教师可以评估更高水平的认知能力，如提出问题的能力、设计调查方案的能力、收集与处理信息的能力，科学地作出解释的能力等（Carver, 本书; Atkin & Coffey, 2003; Marx et al., 1997）。再次，学生展示他们的制品，增进了理解力。学生们所创造的产品使得他们个人的理解可视化。因为产品是成形并清楚的，这些产品可以使学生们共享，并且也可被他人（教师、学生、家长以及共同体成员等）评论（Scardamalia & Bereiter, 本书）。通过对学生所了解以及不了解的方面给予反馈，并允许学习者对他们的产品进行修正，这些修改意见都能支持学生理解力的发展。

经验 5a：反馈

学习科学研究表明，对学生制品的反馈在学习过程中起到重要作用(Koedinger & Corbett，本书；Kolodner，本书)。但是，教师很少给每个学生提供充分的反馈。如果班级人数多，课时量大的话，教师就没有足够的时间提供高品质的个别反馈。而且，很多初中教师缺乏提供高质量反馈的能力。 328

我们设计了学生表现的质量层级规范，帮助教师给学生的表现打分，提供反馈，提高教师的评价能力。对驱动问题、分析解释内容作重点评估，有普遍性及连续性的特点。学生学会了如何促进理解，教师学会了如何提供反馈意见，也提高了教学技巧。有的教师采用小组反馈的办法来弥补时间的不足，尽管不如个别反馈效果好，但也能对学习进行支持。

推广

LeTUS (Blumenfeld et al.，2000；Marx et al.，2004) 的一个核心目的是与初中教师以及教育行政部门一同在底特律推广 PBS 课程。底特律公共学校系统逐渐接受了 PBS 课程 (参见 Dede，本书)。在 1998—1999 学年，10 所学校的 13 位教师使用了至少一个单元的课程，这一年是我们推广该项目的第一年。在 2003—2004 学年，来自 26 所学校的 63 名教师使用并完成了至少一个单元的课程。

底特律的学生在学习课程之后的测验中，与前测成绩相比，在统计上具有显著的进步 (Marx et al.，2004)。例如，在 1998—1999 学年与 2000—2001 学年，学习“空气质量”单元的学生的成绩在统计上有显著进步。这有三个原因：(1) 每年我们都在测验分数及课堂观察的基础上修改课程材料；(2) 我们的专业发展方向更集中 (Fishman et al.，2003)；(3) 教师在使用课程材料的过程中获得了经验。

另外，为了补充说明基于课程的前后测学习得分，我们还调查了密歇根州教育评估项目中，学生在标准化测试中的成绩。结果显示，在底特律科学课考试中，至少使用过一种 LeTUS 单元的学生，要比没有使用过 LeTUS 材料的对照组学生的成绩好，数据具有统计学意义，具有持续性 (Geier et al.，出版中)。学习了一个以上 LeTUS 单元的学生，比只学习一个 LeTUS 单元的学生，在州考试中的成绩显著更好。对学习动机的考察发现，实验组学生在科学课上的动机具有主动性 (Blumenfeld et al.，本书；Blumenfeld et al.，2005)。这个发现是比较重要的，因为根据文献报道，学生对科学课的学习态度在整个初中阶段是递减的

(Yager & Penick, 1986)。

其他关于PBS学习情境开发的研究结果与我们的调查结果契合（Tinker & Krajcik, 2001; Williams & Linn, 2003; Schneider et al., 2001)。这些调查结果汇总起来表明，上述精心设计、开发的实践性项目，能实质性地促进学生的学习。

329 推广研究成果，如鲍尔与科恩（Ball & Cohen, 1996）所论述，我们需要发展高度**精细**的、高度**成熟**的材料。**精细**是指课程材料的清晰性。材料要清晰地说明设计原理、计划的教学实践，以及预期的学习目标，并且要描述清楚在制订PBS时，这些问题为什么很重要。**成熟**是指在提供执行各单元的资源时，包含教师和学生材料、专业发展、教学实践案例的资源。

过于成熟的材料与PBS的最初宗旨可能会有差异，这是一个缺陷。我们原本希望教师能够为学生及社区提供设计得比较成熟的学习项目，但只有少部分教师能做到，大部分的教师没有时间开发学习项目。但是，具有高度发展性与精细性的课程并不意味着回到菜谱式的实验或者单纯教师讲述的课堂模式。实际上，我们为教师提供了PBS模型及策略，帮助学习者参与到科学实践中来。

结论

我们从20世纪90年代开始致力于PBS课程的研究，在如何更好地设计基于项目的学习情境实践中有了一些体会。我们了解到选择驱动问题的重要性，帮助学生得到重要的学习目标，以及帮助学生认识驱动问题价值的重要性。探究各种技术及技术与课程的整合仍然面临着很多挑战。我们也意识到在复杂教学中给教师提供清晰策略的重要性。

我们也学会了通过开发高度精细的、成熟的材料，来帮助教师做好PBS课程。材料将重点放在驱动问题的教学上，这些驱动问题是学生发现的、有意义且十分重要的。围绕这些问题，学生可对重要的学习目标产生更深的理解。应用这些材料，教师鼓励学生作科学调查，使用认知工具，提高协作能力，帮助他们发展深层次的概念理解能力——这一点是传统的教学方法难以做到的。

尽管我们从事的是PBS研究，所得的经验却可以应用到任何其他学科领域。基于项目的研究广泛地运用在社会科学研究、艺术、英语课堂教学中。在这些学科领域中，传统的项目方法以口头表达或板书演示为主。多数情况下，这些项目并非基于学习科学研究，并且研究者也没有找到设计这些项目的有效方法。我们从研究中获得的经验将弥补这些不足，提升各门学科的教学效果。因为我们的研究是建立在学习科学的原理之上，我们的设计方案经过了反复的实验与推敲

（Barab，本书；Confrey，本书）。我们为基于项目的研究方法找到了课堂运用的模式。

致谢

本研究得到了国家科学基金的部分赞助，经由学与教中心（Center for Learning and Teaching）及课程材料中心（Center for Curriculum Materials）获得经费支持，立项号：0227557。本文中的任何观点、发现、结论、建议等仅代表作者个人立场。

基思·索耶教授和他的CTLSR2005班（2005 Central Topics in Learning Sciences Research course）的学生为我们提供了详尽的反馈意见，特此表示感谢。

克拉斯克教授在以色列威兹曼科学研究院担任韦斯顿访问教授期间完成本著作。

1. 访问 http://www. hice. org/know 了解更多在线材料。

330

2. 访问 http://www. goknow. com/Products/Artemis 了解更多学习工具的内容。

3. 关于评估过程请阅读马克斯（Mar et al. , 2004）、里韦特和克拉斯克（Rivet & Krajcik, 2004）、麦克尼尔和克拉斯克（McNeill & Krajcik，出版中）等人的手稿。

参考文献

American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for all Americans*. New York: Oxford Press.

Atkin, J. M. , & Coffey, J. E. (2003). *Everyday assessment in the science classroom (science educators' essay collection)*. Arlington, VA: National Science Teachers Associations.

Atwater, M. (1994). Research on cultural diversity in the classroom. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 558 - 576). New York: Macmillan.

Azmitia, M. (1996). Peer interactive minds: Developmental, theoretical, and methodological issues. In P. B. Baltes & U. M. Staudinger (Eds.), *Interactive minds: Life-span perspectives on the social foundation of cognition* (pp. 133 - 162). New York: Cambridge.

Ball, D. L. , & Cohen, D. K. (1996). Reform by the book: What is - or might be - the role of curriculum materials in teacher learning and instructional reform? *Educational Researcher*, 25 (9), 6 - 8.

Blumenfeld, P. , Fishman, B. J. , Krajcik, J. , Marx, R. W. , & Soloway, E. (2000). Creating usable innovations in systemic reform: Scaling-up technology-embedded project-based science in urban schools. *Educational Psychologist*, 35, 149 - 164.

Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., Kam, R., Kempler, T. M., & Geier, R. (2005, April). *Opportunity to learn in PBL for middle school science: Predicting urban student achievement and motivation.* Paper presented at the Annual Meeting of the American Association for Research in Education, Montreal, Canada.

Blumenfeld, P. C., Krajcik, J, Marx, R. W., & Soloway, E. (1994) Lessons learned: A collaborative model for helping teachers learn projectbased instruction. *Elementary School Journal*, 94 (5), 539 - 551.

Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (1996). Learning with peers: From small group cooperation to collaborative communities. *Educational Researcher*, 25 (8), 37 - 40.

Blumenfeld, P., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26, 369 - 398.

Bransford, J., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school.* Washington, DC: National Academy Press.

Brown, A. L., & Campione, J. C. (1994). Guided discovery in a community of learners. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 229 - 270). Cambridge, MA: MIT Press.

Cognition and Technology Group at Vanderbilt. (1992). The Jasper series as an example of anchored instruction: Theory, program description, and assessment data. *Educational Psychologist*, 27, 291 - 315.

Csikszentmihalyi, M., Rathunde, K., & Whalen, S. (1993). *Talented teenagers: The roots of success and failure.* New York: Cambridge University Press.

Davis, E. A., & Krajcik, J. S. (2005). Designing educative curriculum materials to promote teacher learning. *Educational Researcher*, 34 (3), 3 - 14.

Dewey, J. (1959). *Dewey on education.* New York: Teachers College Press.

Edelson, D. C. (2001). Learning-for-use: A framework for integrating content and process learning in the design of inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 355 - 385.

Fishman, B., Marx, R., Best, S., & Tal, R. (2003). Linking teacher and student learning to improve professional development in systemic reform. *Teaching and Teacher Education*, 19 (6), 643 - 658.

Fishman, B., Marx, R., Blumenfeld, P., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2004). Creating a framework for research on systemic technology innovations. *Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 43 - 76.

331 Fretz, E. B., Wu, H. -K., Zhang, B., Krajcik, J. S., Davis, E. A., & Soloway, E. (2002). An Investigation of software scaffolds as they support modeling practices, *Research in Science Education*, 32 (4), 567 - 589.

Gardner, H. (1991). *The unschooled mind: How children think and how schools should teach.* New York: Basic Books.

Geier, R., Blumenfeld, P., Marx, R., Krajcik, J., Fishman, B., & Soloway, E. (in press). Standardized test outcomes of urban students participating in standards and project based science curricula. *Journal of Research in Science Teaching.*

Haberman, M. (1991). The pedagogy of poverty versus good teaching. *Phi Delta Kappan*, 73 (4), 290 - 294.

Heubel-Drake, M., Finkel, L., Stern, E., & Mouradian, M. (1995). Planning a course for success. *The Science Teacher*, 62, 18 - 21.

Hoffman, J., Wu, H-K, Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2003). The nature of middle school learners' science content understandings with the use of on-line resources. *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (3), 323 - 346.

Hogan, K., & Maglienti, M. (2001). Comparing the epistemological underpinnings of students' and scientists' reasoning about conclusions. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (6), 663 - 687.

Hug, B., & Krajcik, J. (2002). Students, scientific practices using a scaffolded inquiry sequence. *Keeping learning complex: The proceedings of the Fifth International Conference for the Learning Sciences (ICLS)*. Mahwah, NJ: Earlbaum.

Hurd, P. D. (1970). *New directions in teaching secondary school science.* Chicago: Rand McNally.

Kesidou, S., & Roseman, J. E. (2002). How well do middle school science programs measure up? Findings from Project 2061's curriculum review. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), 522 - 549.

Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 7, 313 - 350.

Krajcik, J. S., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., & Soloway, E. (1994). A collaborative model for helping middle grade teachers learn projectbased instruction. *The Elementary School Journal*, 94 (5), 483 - 497.

Krajcik, J. S., Czerniak, C. M., & Berger, C. F. (2002). *Teaching science in elementary and middle school classrooms: A project-based approach (2nd ed.)*. New York: McGraw Hill.

Linn, M. C. (1997). Learning and instruction in science education: Taking advantage of technology. In D. Tobin & B. J. Fraser (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 265 - 294). The Netherlands: Kluwer.

Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., Geier, R., & Revital, T. T. (2004). Inquiry-based science in the middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (10), 1063 - 1080.

Marx, R. W., Blumenfeld, P, Krajcik, J., & Soloway, E. (1997). Enacting project-based science. *Elementary School Journal*, 97 (4), 341 - 358.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. S. (in press). Middle school students' use of evidence and reasoning in writing scientific explanations. In M. Lovet & P. Shah (Eds.), *Thinking with data: The proceedings of the 33rd Carnegie symposium on cognition.*

Metcalf-Jackson, S., J. S. Krajcik, & E. Soloway. (2000). Model-It: A design retrospective. In M. Jacobson & R. B. Kozma, (Eds.), *Innovations in science and mathematics education: Advanced designs for technologies and learning.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 77 - 116.

Moje, E. B., Peek-Brown, D., Sutherland, L. M., Marx, R. W., Blumenfeld, P., & Krajcik, J. (2004). Explaining explanations: Developing scientific literacy in middle-school project-based science reforms. In D. Strickland & D. E. Alvermann, (Eds.), *Bridging the gap: Improving literacy learning for preadolescent and adolescent learners in grades* 4 - 12 (pp. 227 - 251). New York: Teachers College Press.

National Research Council. (1996). *National science education standards.* Washington, DC: National Research Council.

332 Novak, A., & Gleason, C. (2001). Incorporating portable technology to enhance an inquiry, project-based middle school science classroom. In R. Tinker & J. S. Krajcik (Eds.), *Portable technologies: science learning in context* (pp. 29 - 62). The Netherlands: Kluwer.

Novak, A., & Krajcik, J. S. (2004). Using learning technologies to support inquiry in middle school science. In L. Flick & N. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 75 - 102). The Netherlands: Kluwer Publishers.

O'Neill, K., & Polman, J. L. (2004). Why educate "little scientists"? Examining the potential of practice-based scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (3), 234 - 266.

Palincsar, A., Anderson, C. S., & David, Y. M. (1993). Pursuing scientific literacy in the middle grades through collaborative problem solving. *The Elementary School Journal*, 93, 643 - 658.

Pellegrino, J. W., Chudowsky, N., & Glaser, R. (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment.* Washington, DC: National Academy Press.

Perkins, D., D. Crismond, Simmons, R., & Unger, C. (1995). Inside understanding. In D. Perkins, J. Schwartz, M. West, & M. Wiske (Eds.), *Software goes to school: Teaching for understanding with new technologies* (pp. 70 - 88). New York: Oxford University Press.

Polman, J. (1999). *Designing project-based science: Connecting learners through guided inquiry.* New York: Teachers College Press.

Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 273 - 304.

Reiser, B. J., Krajcik, J., Moje, E. B., & Marx, R. (2003, March). *Design strategies for developing science instructional materials.* Paper presented at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching, Philadelphia, PA.

Rivet, A., & Krajcik, J. (2002). Contextualizing instruction: Leveraging students' prior knowledge and experiences to foster understanding of middle school science. In P. Bell, R. Stevens, & T. Satwicz (Eds.), *Keeping learning complex: The proceedings of the fifth international conference for the learning sciences (ICLS).* Mahwah, NJ: Earlbaum.

Rivet, A., & Krajcik, J. (2004). Achieving standards in urban systemic reform: An example of a sixth grade project-based science curriculum. *Journal of Research in Science Teaching* 41 (7), 669-692.

Ruopp, R. R., Gal, S., Drayton, B., & Pfister, M. (Eds). (1992). *LabNet: Toward a community of practice.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Rutherford, J. F. (1964). The role of inquiry in science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 2 (2), 80-84.

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (5), 513-536.

Salomon, G., D. N. Perkins, & Globerson, T. (1991). Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies. *Educational Researcher*, 20, 2-9.

Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88 (3), 345-372.

Schneider, R. M., Krajcik, J., Marx, R., & Soloway, E. (2001). Performance of student in project-based science classrooms on a national measure of science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (7), 821-842.

Schofield, J. W. (1995). *Computers and classroom culture.* Cambridge: Cambridge University Press.

Scott, C. (1994). Project-based science: Reflections of a middle school teacher. *The Elementary School Journal*, 95 (1), 75-94.

Sherwood, R., Kinzer, C. K., Bransford, J. D., & Franks, J. J. (1987). Some benefits of creating macro-contexts for science instruction: Initial findings. *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (5), 417-435.

Singer, J., Marx, R. W., Krajcik, J., & Chambers, J. C. (2000). Constructing extended inquiry projects: Curriculum materials for science education reform. *Educational Psychologist*, 35, 165-178.

Spitulnik, M. W., Stratford, S., Krajcik, J., & Soloway, E. (1997). Using technology to support student's artifact construction in science. In B. J. Fraser & K. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 363-382). Netherlands: Kluwer Publishers.

Stratford, S. J., Krajcik, J., & Soloway, E. (1998). Secondary students' dynamic modeling processes: Analyzing, reasoning about, synthesizing, and testing models of stream ecosystems. *Journal of Science Education and Technology*, 7 (3), 215-234.

Tinker, R. (1997). *Thinking about science.* http://www.concord.org/library/papers.html. Cambridge, MA: Concord Consortium.

Tinker, R., & Krajcik, J. S. (Eds.) (2001). *Portable technologies: Science learning in context. Innovations in science education and technology.* New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Wiggins, G., & McTighe, J. (1998). *Understanding by design.* Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Williams, M., & Linn, M. (2003). WISE Inquiry in fifth grade biology. *Research in Science Edu-*

333

cation, 32 (4), 415 – 436.

Yager, R. E., & J. E. Penick (1986). Perceptions of four age groups toward science classes, teachers, and the value of science. *Science Education*, 70 (4), 355 – 363.

第20章

335

让学习者进入真实实践

——设计的挑战和策略

丹尼尔·C. 埃德尔森，布赖恩·J. 瑞泽

近年来，研究者和教育学家们越来越提倡让学习者参与到真实实践中，使其成为学生学习经历的一部分。在美国，许多教育标准文件都把真实实践放在重要的位置。例如，美国《国家地理教育标准》（*National Geography Education Standards*）认为“应该给学生询问、回答地理问题，获取、组织和分析地理信息的机会”（Geography Education Standards Project，1994，p. 47）。这些任务跟地理学家及那些运用地理知识来完成其专业训练的人所要完成的任务是相同的。同样，美国《国家科学教育标准》规定，“所有年级、所有科学领域的学生都应该有机会运用科学探究，并利用与探究相关的方法发展其思维与实践能力……”（National Research Council，1996，p. 10）。

支持让学习者参与真实实践的观点往往强调三个好处。第一，参与到特定实践中学习，对于大部分学生可能会很有价值，因为他们将参与到学习环境之外的实践中去。第二，让学习者参与到真实实践中可以给他们提供一个有意义的情境，这种情境将会着重提高学生运用所学知识的能力，因此有可能提高学生学习的动机，并促进其对知识内容的习得（Edelson，2001；Kolodner et al.，2003；Rivet，2003）。第三，让学习者参与到真实实践中，有助于他们对知识结构的理解，或是有助于理解研究领域内的认识论。研究者们逐渐意识到，作为学科内容理解的重要元素，以及作为这种理解的组织特征，认识论是十分重要的（Smith et al.，2000；Elby & Hammer，2001）。通常，学科实践是其认识论最明显的表现。

336

让学生参与到真实实践中，也给有学习经验的设计者们提出了许多挑战。尽管任何一种具体的真实实践都会有自己的挑战，但在一些广泛的实践中还是会出现一些共同的挑战。两个关键的教学法挑战如下：

1. 帮助学生处理真实实践的复杂性；
2. 帮助学生理解这些实践要素的基本原理。

在真实实践开展的过程中也出现了两个实际的挑战。首先，教师过去可能从

未将这样的实践融入其教学活动中，或是他们自己也从未参加过这样的实践。其次，教师要开展真实实践的学习活动，时间和资源方面也受到限制。

应对这四个挑战，我们在设计中采取系统的观点是十分必要的。仅仅改变学习环境的一个成分，如学习者使用的工具，而不改变构成学习的任务，或学习者与教师及他人交互的方式，是远远不够的（Blumenfeld et al.，2000；Tabak，2004；Edelson，Gordin，& Pea，1999）。本章中，我们将重点关注任何设计中都会涉及的三个关键因素：

- 学习者参与的活动，即课程；
- 学习环境中的工具和资源；
- 学习者所参与的社会结构，包括教师的帮助及教学。

在本章中，我们描述了应对这些挑战时所运用到的四种设计策略。

- **使学生处于有意义情境的真实实践中**。为了让学生带着目的去学习，并帮助其理解真实实践的基本原理，必须将实践整合到课程中，而这种课程必须由对学习者有意义的目标来推动。
- **减少真实实践的复杂性**。专业人员所运用的实践，对于非专业人士来说肯定是相当复杂且不熟悉的。为了减轻真实实践所需的认知负荷，学习环境应该通过减少实践的复杂性、保留其关键要素的方法，来为学生搭建脚手架。
- **使真实实践的内隐要素外显化**。在多年的训练中，专业人员将一些实践要素内化，并且能迅速有效地运用这些要素。但是如果这些要素一直是内隐的，那么学生就无法理解它们。学习环境应该使真实实践的内隐要素外显化，以便让学生能够观察、讨论并掌握这些要素。
- **根据发展的进程对学习活动进行排序**。为了使学生形成参与真实实践所需的技能和知识，学习环境应该对活动排序，从而将学生的先验知识、能力、经历与真实实践连接起来。

在这一章中，我们将对一个关于真实情境练习的典型例子进行研究，并分析其科学的档案数据，从而支持结论。我们主要围绕研究中所关注的真实实践的三个部分展开讨论：**分析阐述数据，为听众**（audience）**建构并解释结论，反思**。这三者是相互交织的，前两个可通过其对意义建构和交流的分析来区分。反思则是支持前两个的元认知实践。

尽管探究的阶段是循环的，并且在实践中难以区分，但我们发现，区别以下两个调查阶段是很有用的，即研究者最初弄清数据的意思并得出结论的探究阶段，研究者使用数据建构论据来支持结论的调查阶段。我们把意义建构的过程描述为**数据分析和说明**。我们把论据建构这一过程描述为**建构**和**论证**，因为论证包含了建构一个能够被辩护的解释或论据的重要性。分析和解释是说明性的意义建构的过程，然而结论的建构和论证，主要强调的是沟通和说服力的修饰性目标（Bell & Linn，2000；Kyza，2004；Sandoval，2003；Sandoval & Reiser，2004）。

337

本章中我们关注的第三项实践是反思。反思的目的是，了解学生是如何达到解释和论证目的的，并为进行下一步作好决策。当一个人在反思时，他/她就在脑中形成一个计划，监控他/她的进程，适时修改计划，并在他/她完成的时候作出判断（Chi et al.，1989；Palincsar & Brown，1984；Schoenfeld，1987）。

我们以两个中学课程单元为例，来讨论在使学生进入真实的调查活动时遇到的挑战。一个单元是关于自然地理和大气的，叫作“行星预报员”（Planetary Forecaster）（Edelson et al.，2004）；另一个是关于适应性和自然选择的，叫作“生存竞争”（The Struggle for Survival）（Reiser et al.，2000）。在“行星预报员”中，学生使用“世界观察者”（World Watcher）的可视化分析系统来分析地理数据（Edelson et al.，1997），在“生存竞争”中，学生使用了“加拉帕格斯雀类”（The Galapagos Finches）的可视化分析系统来搜集人口生态学数据（Tabak et al.，2000）。“世界观察者”能将学生收集的全球地理数据，以彩色地图的方式呈现出来（图 20.1），并且能运用一些简单的算法和统计步骤对其分析。“加拉帕格斯雀类”可以让学生创建不同类型的图形，并依据不同的人口或时间段对图形进行比较（图 20.2）。

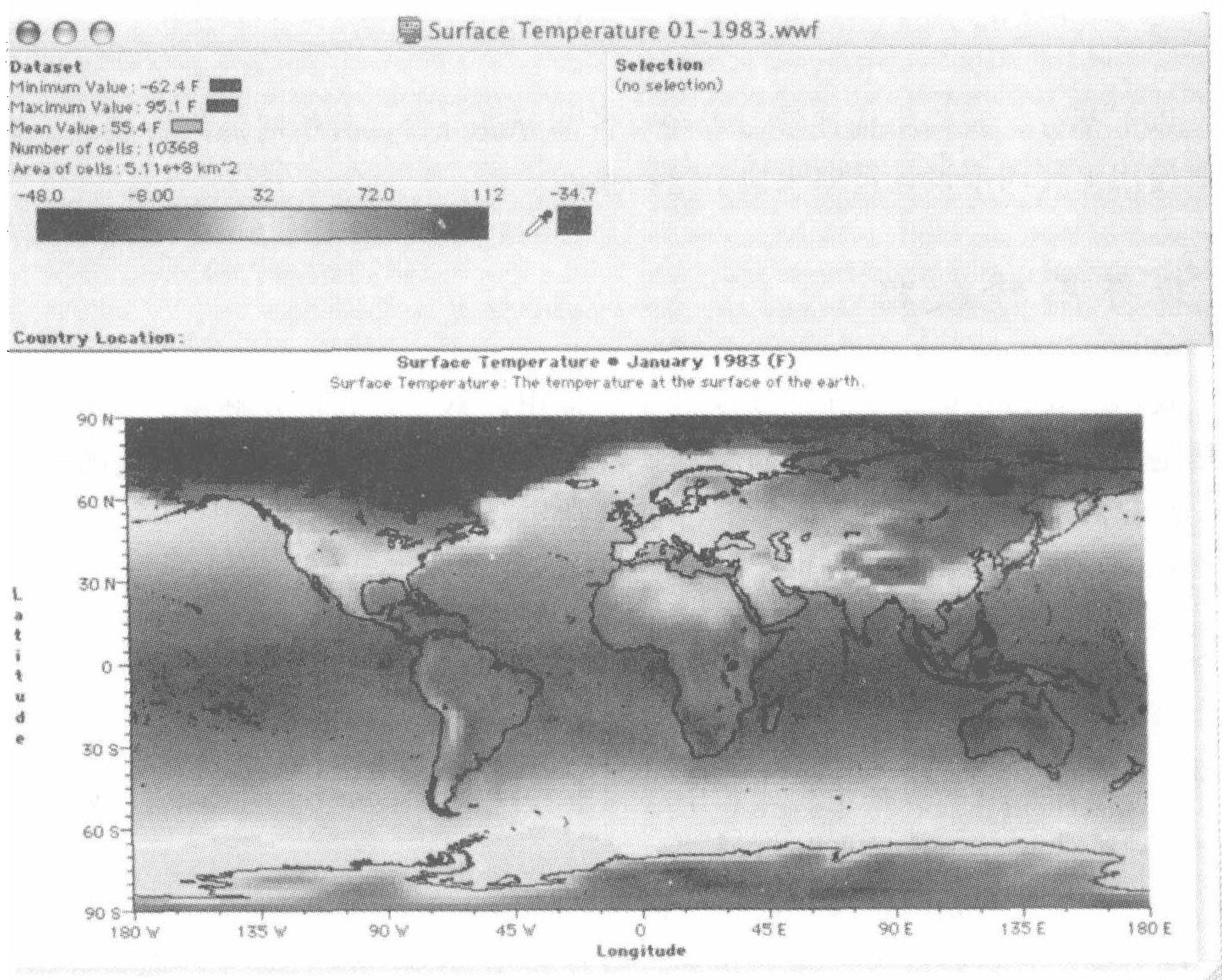


图 20.1　“世界观察者”中的彩色地图（Edelson et al.，1997）

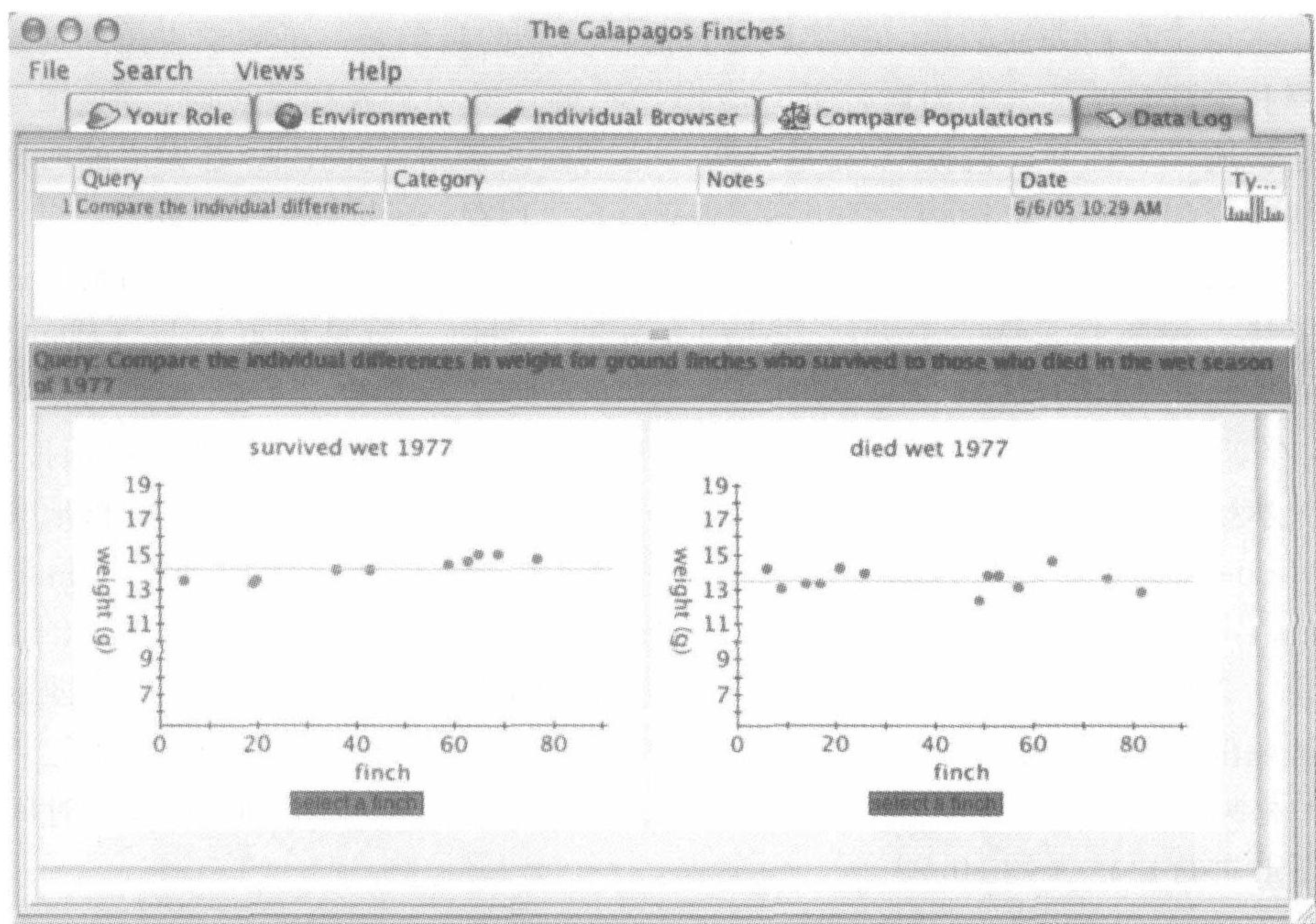


图 20.2 “加拉帕格斯雀类”中的图形比较（Tabak et al.，2000）

以下部分，我们将描述学习者在对各部分进行数据分析时遇到的挑战，以及如何使用上述四个设计策略来应对这些挑战。

分析并解释数据

我们所要讨论的第一个真实实践是，运用计算工具分析并解释档案数据。这只是昆塔纳等人（Quintana et al.，2004）所称的意义建构中更大实践的一个方面。在我们所选用案例的情境中，实践包括：

- 选择可利用的数据子集；
- 检查个人数据条目或集合；
- 精选数据，并对数据进行分析；
- 使数据可视化呈现；
- 在数据的多种呈现方式中寻找模式，包括整理多种呈现方式等；
- 建构并阐述数据的解释；
- 与他人就解释进行比较、讨论。

以上每一种实践成分，无论是其自身还是组成他的各个部分，都是复杂的。为了更有效地参与到这些实践中，学生必须理解这些实践的目标、指导的方法以及结果或产品。对于新手来说，在面对由各种实践成分组合成的联合体时确实存

在认知负荷。然而，在学习过程中将实践成分从彼此之中分离出来将会使情境分离，无论在何种情况下，学生整体的认知负荷不会减少，因为学生接下来还要学习如何将它们整合起来。

通过课程设计支持分析和解释

338

“行星预报员”和“生存竞争”根据发展进程为学生安排学习活动序列，将实践活动置于有意义的情境来提供总体结构，以此帮助学生进入真实实践。

“行星预报员”和“生存竞争”都使用基于项目的科学方法（Krajcik & Blumenfeld，本书）将真实实践置于有意义的情境中。基于项目的科学单元，通过驱动目标或问题使学习情境化。在“行星预报员”案例中，目标是在虚拟行星上模拟温度，以此来确定适合移民的地区。在“生存竞争”案例中，目的是想确定在 20 世纪 70 年代很短的一段时间内，是什么原因导致加拉帕格斯群岛上的鸟雀大量死亡，又是什么原因使有些鸟雀得以存活。这是通过文献研究发现的一个科学问题。在这两个案例中，都给学生提供了进入数据集的方法和实现这些目标的分析工具。在课堂测试中，中学生都觉得这些项目具有一定的激发性（Pitts & Edelson，2004）。

两个案例的课程单元序列活动，都根据发展进程，使用了排序策略，我们称之为**解释前的表达**。在此序列中，学生在使用这些陈述去理解不熟悉的现象之前，他们先使用这些陈述来表达其已有的理解。这种技术，在学生现有理解和深层理解间架设了一座桥梁，其中包括调整和修订陈述的能力（参见 Lehrer & Schauble，本书）。例如在“行星预报员”案例中，学生第一次使用彩色地图来描述（不同的颜色代表不同的数值，就像晚间新闻或报纸上看到的温度天气图），在活动过程中，他们用蜡笔在纸上画出温度图，以此来代表他们在单元初期对全球温度模式的理解。随着单元的继续进行，他们又用“世界观察者”中的油漆工具，将手绘图形输入到电脑中，最终他们使用这些数据的解释和“世界观察者”中的分析工具，将自己的图和真实数据进行比较。在“生存竞争”案例中，在继续活动之前，他们就在纸上用蜡笔或标记在解释陈述的地方画图。

在此过程中，他们为了表达而第一次使用陈述；他们通过陈述的方式来表达自己的想法。运用蜡笔和纸这种熟悉的媒介，可以使学生将关注的焦点放在表达他们的观点上，而不是把焦点放在那些不熟悉的软件媒介上，在此过程中也产生了陈述。进程通过允许学生将他们的陈述转向计算机，并且与档案数据和分析工具相结合（档案数据和分析工具是学生所熟悉的情境中的），来帮助架设学生和基于计算机的陈述之间的桥梁，基于计算机的陈述将会在下一部分详细阐述。

340

支持分析和解释的工具

“行星预报员”和“生存竞争”两个案例中所使用的软件工具，通过架设三种不同的真实实践而减少复杂性。三种真实实践如下：挑选要调查的数据、建构数据陈述、解释数据陈述。

支持数据选择

对于学生来说，为特殊问题选择合适的数据进行调查，是一个挑战。因为他们对科学领域的概念和术语并非十分精通。专家软件工具中选择数据的典型界面，让使用者通过从冠以学生所不熟悉的科学术语——如日射、反照率等——的一列变量名中选择来收集数据。

在“世界观察者”案例中，设计者通过为数据提供一个界面来应对这一挑战，这个界面是对研究中的现象进行绘画和概念陈述而得来的。“世界观察者”为“行星预报员”案例展示了地球/大气系统的能量转换图（图20.3）。为了使

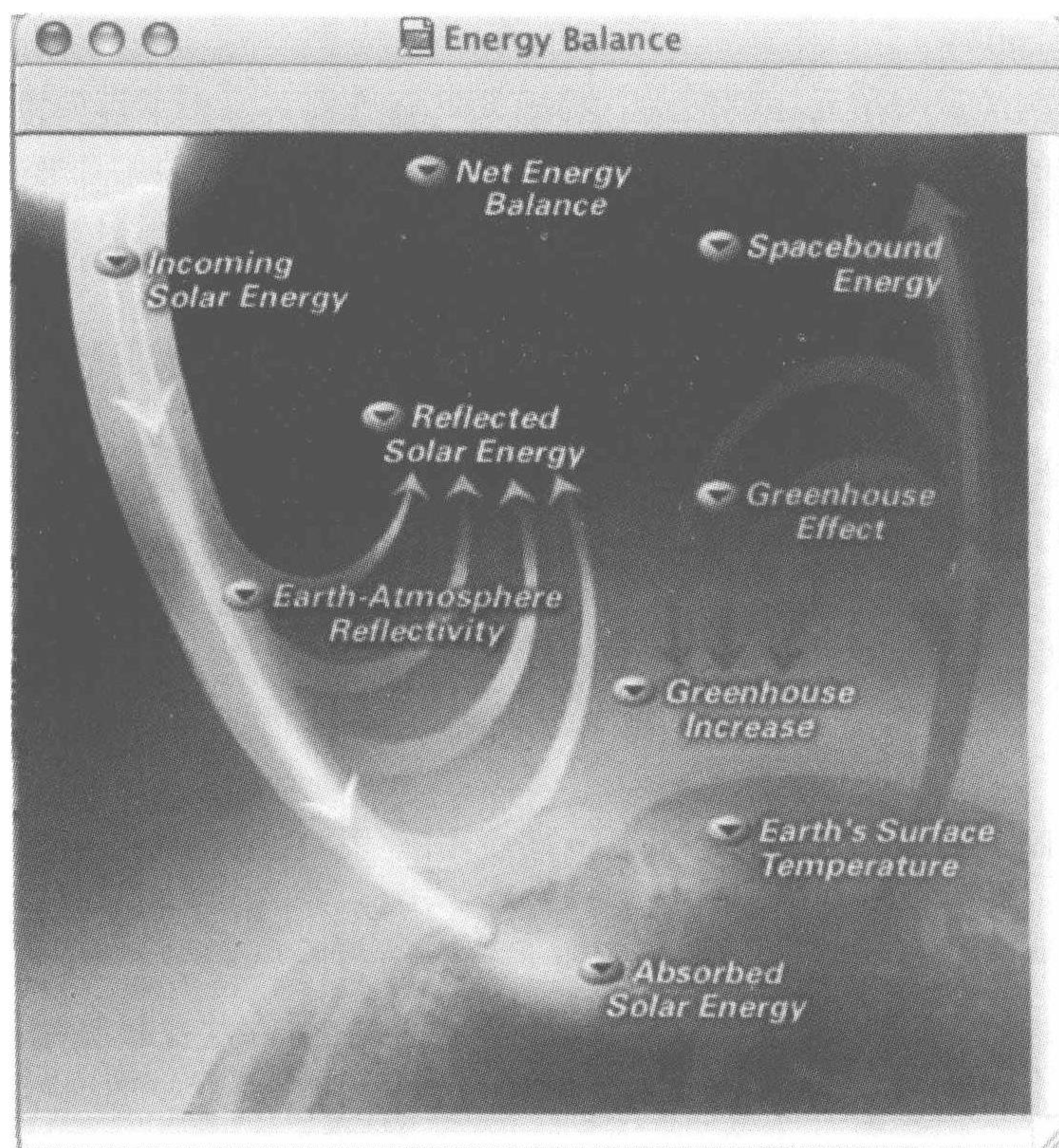


图20.3 “世界观察者”中的地球能量平衡数据界面

精选的数据可视化并易于分析，学生在图形中使用了一些对应元素（如吸收的太阳能）。与传统界面相比，这种图让学生应对的挑战要小一些，因为它为学生提供了领域范围内的概念陈述，而且它使用了学生更为熟悉的术语，如“吸收的太阳能”，而不是“日照”。 341

“加拉帕哥斯雀类”软件通过使用一种不同类型的领域表征方式，来帮助学生挑选数据。在这个案例中，界面依据所用的具体学科策略来分析数据，如纵向的（如“季节”）或横向的（如“子群”）比较。“加拉帕哥斯雀类”软件包含一个从概念方面组织过的模板，学生可以使用这个模板来完成具体分析（图 20.4）。界面需要学生依据训练策略来传达他们预期的调查。在“世界观察者”中，学生可运用熟悉的词汇来组织他们的调查。为了选择分析，学生必须根据策略特性来确定他们想要比较什么。例如，调查变量是如何分布的，或变量间是如何建立起联系的。学生必须用真实的专业策略进行调查，所以在使用熟悉的词汇时，真实的专家策略就可视化了。

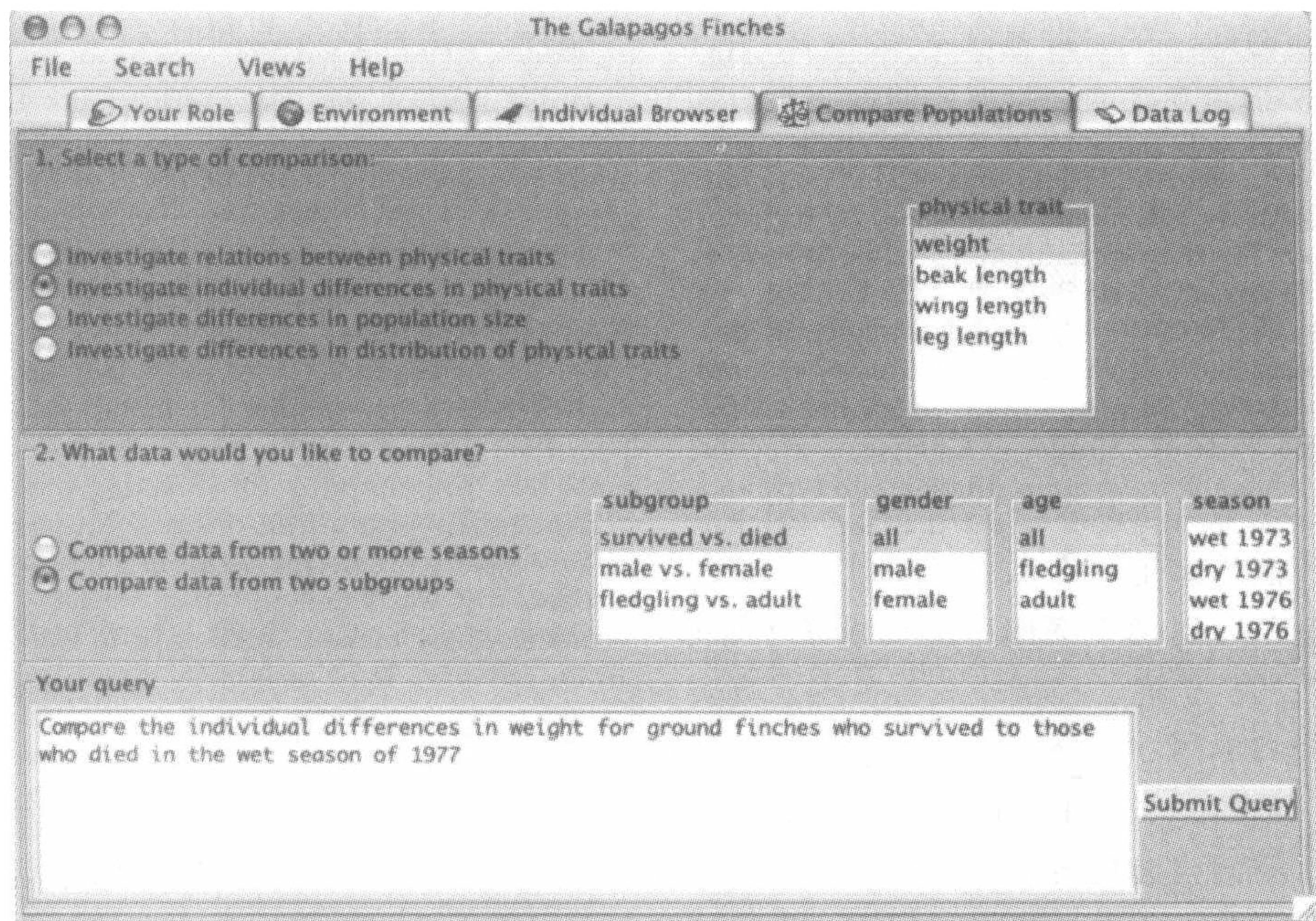


图 20.4　“加拉帕哥斯雀类”软件中的查询界面

为建构数据表征提供支持

在“世界观察者”和“加拉帕哥斯雀类”软件中，数据以及操作结果是通过可视化表征来呈现的。在“世界观察者”案例中，数值是以地图中的彩色截

面图来表征的；在“加拉帕哥斯雀类”案例中，数值则是以一些二维图表来描绘的。在这两个案例中，我们体会到了建构表征的困难，比如详细说明轴的范围等问题，没有足够的教育优势来优化时间和效果，因此有可能需要学生自己做，特别是，由于这些行为，可能会减少解释表征方面的注意力。因此，“世界观察者”和“加拉帕哥斯雀类”都对任务的不突出部分自动操作，以此来减少认知需求（Quintana et al.，2004）：软件自动对表征的显示参数进行调整，而不需要学生的任何操作。例如，在“世界观察者”中，软件将变量的所有值，以适当的彩色图和比例展示出来。类似地，“加拉帕哥斯雀类”软件为使用者所选择的数据值挑选最合适的图形和范围。

342

为解释数据陈述提供支持

在“行星预报员”和“生存竞争”单元中，解释可视化的数据表征是数据分析的中心要素。在这两个案例中，我们为解释计算机实现的可视化表征，提供了两个支持。第一，我们开发了交互式的表征，允许使用者一次列举出一种数据。例如，在“世界观察者”中，当使用者的鼠标指针掠过地图时，一种动态读取器就能显示出数值，并能将指针所在位置的经纬度显示出来。第二，我们开发了多重链接的表征（Kaput，1989；Kozma et al.，1996）。例如，在“加拉帕哥斯雀类”中，使用者可以点击图形中的任一点，每一点都代表一种雀类，软件会自动显示出该种雀类的图片以及数据库中存储的所有相关资料。这些特征通过提供额外信息或是使复杂操作简单化，来构架复杂实践。

运用社会结构来支持解释

因为运用了许多基于项目的科学课的设计，所以在“行星预报员”和“生存竞争”这两个案例中都要求学生通过小组协作进行学习。小组工作通过减少实践的复杂性，使学生更容易进入真实实践：小组中的学生通过责任分配，并将实践的不同部分分给不同的学生，从而控制认知负荷。

例如，当学生运用“世界观察者”或“加拉帕哥斯雀类”来建构数据分析时，我们频繁观察到认知性劳动分工现象，在工作中，一个学生负责操作软件，另一个学生负责指挥并监控他，或在笔记本上记录重要的结果。学生在执行过程中不知不觉地犯个小错误，他的同伴帮他指出，这是很常见的。为了利用这种分布式认知（Hollan et al.，2000），“行星预报员”和“生存竞争”中的活动都是由学生结对或是分组进行的。

另一个使学生更易进入真实实践的社会结构是，多组独立完成相同任务。例如，在“生存竞争”中，不同的项目组使用“加拉帕哥斯雀类”软件，都开展关于雀类生存原因的调查。在整个调查过程中，鼓励不同组别的学生共享他们的

解释和发现，并相互指出系统中有用的数据。这能使学生了解其他学生是如何处理相同问题以及如何解释数据的。学生在思考其他组的实践过程时，会更加清晰地理解实践。这样，学习者共同体对个人学习会有很大的帮助。

建构并证明解释

本章要讨论的数据分析的第二个部分是建构解释的实践，即用论证的方式进行表达，并将它传达给听众。这种实践对于学生来说是很困难的；建构解释并就真实数据进行论证，是一项很复杂的任务（Andriessen，本书）。如果没有支持的话，学生通常不能引用充足的支持证据，也不能给听众解释清楚：为什么他们所选择的特殊数据对他们有很大的帮助。例如，学生经常展示图形，但是却没有给予听众相关的指导，比如应该观看图形哪些地方，或是说明为什么图形能支持其特定的主张。当然，学生的解释可能是不完全的，因为他们的理解也是不完全的。然而，在许多案例中，学生的解释并不能完全代表他们在研究团队中所达到的理解水平，因为他们还未精通建构解释的实践活动。本章中，我们会提供一些策略来帮助学生建构并传达解释。

343

支持解释的课程设计

第一个挑战是，给学生一个建构解释的理由。“行星预报员”和“生存竞争”都是通过为学生的解释提供一个听众（真的或是扮演的），以此来应对这一挑战。例如，在“行星预报员”中，它要求学生为虚拟太空的代理创建一个气候模型，并证明其有用。在“生存竞争”中，学生在一个模拟科学会议的论坛中向对方解释并证明自己的解释。

支持解释的工具

帮助学生在数据的基础上建构并传达解释，工具在这方面扮演了重要角色。安德里森（Andriessen，本书）对一系列软件工具进行了描述，这些软件工具可以为论证实践搭建脚手架。在我们的工作中，我们通过使用一些软件工具和更多传统教学材料，如工作表，采取多种策略支持学生。因为这些工具所提供的结构，更加清晰地描述了解释性实践的元素，所以学生既知道这一实践所期望的是什么，也明白了为何采取它所使用的形式。通过为学生提供他们需要做什么、完成各部分任务的默认顺序以及指导该如何做等提示，这一清晰的任务结构也减少了实践的复杂性。

例如，作为“生存竞争”单元的一部分，学生在使用“解释构造器”

(Reiser et al. , 2001；Sandoval, 2003；Sandoval & Reiser, 2004) 这个软件时，软件就为学生在解释建构方面搭建了脚手架。“解释构造器”是基于计算机的用来建构科学论证的记事本。设计“解释构造器”的目的是使建构解释和向听众作出证明这两个任务更加清晰。同时，科学家们对解释和论证有着共同的内隐理解：问题是可以通过比较相互对立的解释（competing explanations）来调查的；解释应该讲述因果性的事实，并且包含研究问题；因果说明中的核心主张必须有实证证据的支持；由于证据不足而被拒绝的解释也要包含在内，以便使最终的解释更有说服力。“解释构造器”使得这些科学实践的内隐要素外显化。

学生在开始搞清他们在“加拉帕哥斯雀类”中的发现时，就开始在“解释构造器”中综合他们的论据，以支持他们的结论。学生通过使用一个简单的提纲描述工具（图 20.5）来确定每个研究问题的参考解释。学生工作的提纲图会显示出他们在回答一个问题的时候是只考虑一种解释还是会考虑其他可选择的解释。

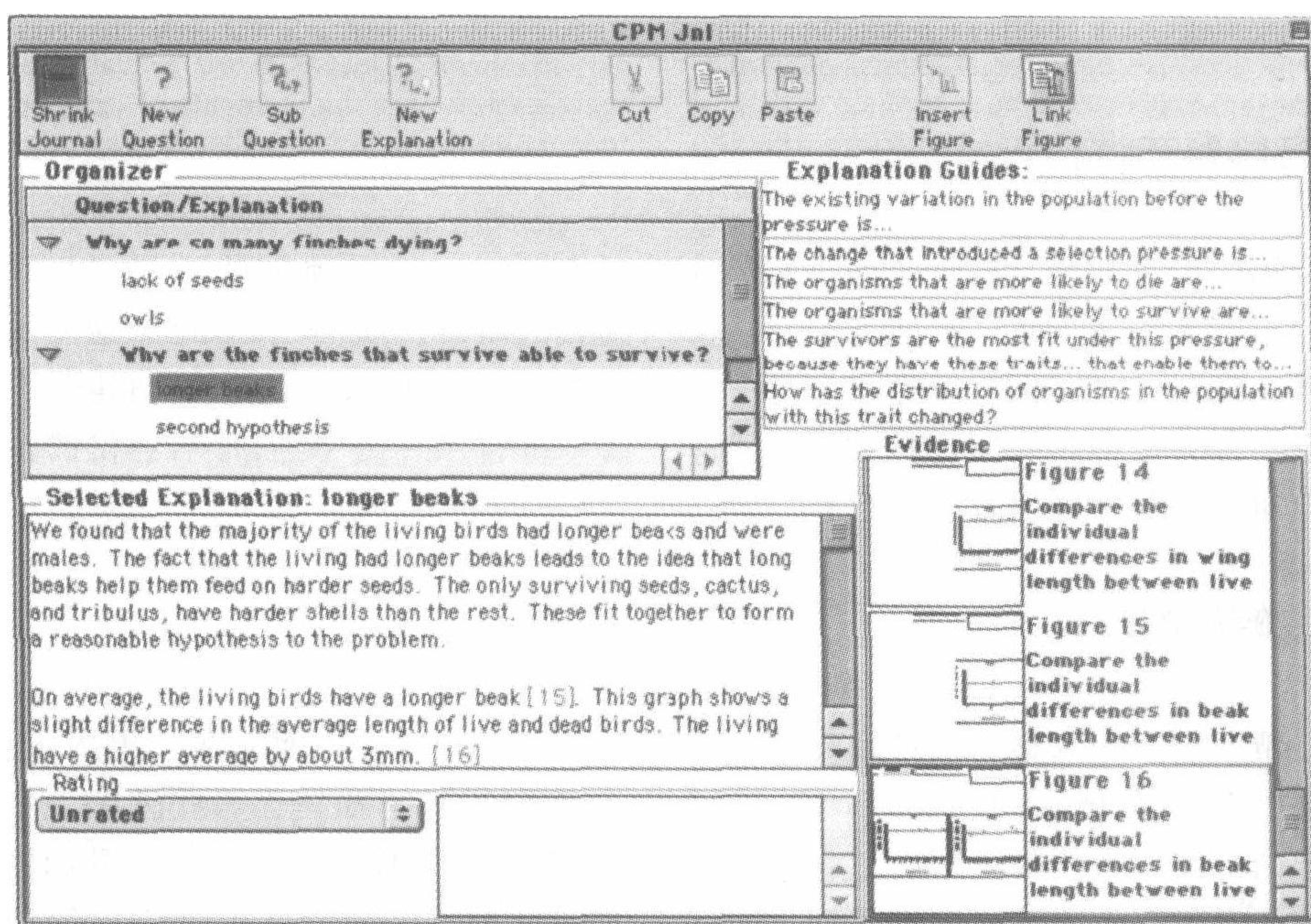


图 20.5 “解释构造器”的用户界面

344 当学生在建构解释时，为了支持其试图说明的实证型基本主张，他们可以将证据与解释联系起来。这些证据间的联系是科学论证的重要特点——观点必须经过证据的证实（Andriessen，本书）。

"解释构造器"通过减少建构解释的复杂性，也使学生更易于进入真实实践。这个系统中所包含的**解释向导**可以很清晰地说明特殊解释框架的核心要素，例如，自然选择。这些向导能够使学生将注意力集中于要解决的问题的关键性要素，并且能够帮助他们进行连贯的论证。例如，自然选择解释向导让学生去确定环境压力、种群的变异以及一些种群所拥有的生存优势。

最近工作中所采取的方法，更多依赖于传统的支持资料，以便达到相同的目标。"什么将会生存"单元是正处于开发状态的"利用科学技术调查和质疑世界"(Investigating and Questioning our World Through Sciences and Technology，IQWST)项目中中学系列的一部分（Krajcik & Reiser，2004)。IQWST 单元的一个核心设计原则是为科学实践，如解释、论证以及建模等搭建脚手架（Andriessen，本书；Kuhn & Reiser，2005；McNeill & Krajcik)。在 IQWST 单元中，基于证据的解释是由三个重要部分组成的：**主张**，即陈述一个问题或问题答案；**论据**，即支持主张；**推理**，即用来清晰阐述证据是如何支持主张的，包括有多少科学原理可以在该主张中应用。这三部分框架是用来组织工作表的。学生用这些工作表来汇报并证明他们的发现。这个框架提醒学生需要做的部分，并为学生组织其书面解释提供了一个结构。论证支持系统通过将学生注意力引向一些重要的要素，从而使真实实践中的要素清晰化，以及通过给学生提供可以用于组织和更好地传达这些要素的结构来减少复杂性。

345

支持解释建构和解释证实的社会结构

建构解释并准备论证的实践，是根本的社会实践，因为设计的论证是要与共同体的其他成员相互交流的。学习科学方面的研究者们报告说，让学习者参与到真实实践中，不仅要改变任务的认知层面，而且要改变学习者与他人交互的方式(Barron et al.，1998；Brown & Campione，1994；Kolodner et al.，2003)。这一点也很符合建构解释的这一种实践活动。学习环境不仅要求学生为解释做准备，而且要求学生为成为一个"批判性的听众"做准备，并为他们同伴的解释提供反馈。

学习科学中一个普遍的方法是，通过为学生指定不同的社会角色，来搭建其课堂交互的脚手架。例如，在互惠式教学中（Palincsar & Brown，1984)，不同的学生分配不同的角色，共同完成阅读任务：询问、概括、预测课文的下部分。在第二个例子中，赫伦科尔和他的同事（Herrenkohl & Guerra，1998；Herrenkohl et al.，1999）根据学生将要学习的思考实践的不同方面分配了不同角色。一些学生担任质询和预测的角色，另一些学生则询问结果或在结果和理论间建立联系。

在小组间分享其尚未完善的解释过程中，"生存竞争"单元会有一个中期同

伴评论活动。听众要提供一些建设性的反馈，要注意陈述者是否清晰地陈述了其论点、所引用的论据以及解释推理。这些推理是为了更清楚地描述出论据为什么能够支持其论点。尽管这项活动对于学习者来说极具挑战性，但是这也为学生创造了机会，他们可以及早接受反馈，以此来促进他们的工作，或者能够找到其他的研究方法等。这也教会了他们如何做一名具有批判性的听众，以及明白建设性的反馈在科学实践中是很重要的要素。

每个单元要结束时，学生会参与**终极任务**：每个研究组要将他们的发现展示给全班，听众则针对其解释的合理性和支持，提一些批判性的、建设性的问题（Brown & Campione，1994；Engle & Conant，2002；Linn et al.，2004）。以这种方式将听众的角色分配清楚，目的是让学生明白评论和批判的过程是真实实践的重要要素。终极任务教会了学生建构和交流解释的真实实践。科学研究的最终目的是交流所学到的东西，并使共同体中的其他人相信其发现和解释。

对实践的反思

反思是使学生更易于进入真实实践的一个重要部分，特别是基于项目和调查的教学方法，需要预先计划、实时监控、过程评价，并且要根据活动的成果来重新制订计划。

通过课程设计来支持反思

支持学生反思的最大困难是帮助他们理解反思的必要性。当学生经验局限于课堂上要完成的任务或者是结构化的任务时，他们就没有机会参与元认知监控和元认知计划。基于上述原因，那些帮助学生发展反思实践能力的课程单元，其主要特征是它们会持续存在很长一段时间，并赋予学生建构其自身活动的责任。因为首次体验长期开放性的活动，学生可能还没意识到反思监控的必要性，因此，他们很可能需要体验更多类似的活动来认识反思的必要性。

346

在科学调查中，调查者的理解和调查过程本身也可以成为反思的对象。为了实现对**理解**进行反思，我们所设计的活动要求学生能够清晰表述假设。假设中要包含学生当前的理解、观察，还需要学生对他们的假设进行验证、修订。在“行星预报员”课程案例中，学生提出地理因素影响地球表面温度这一假设，并通过讨论、动手操作实验活动以及对保存的温度数据进行调查这些方式来检验并验证这一假设。在“生存竞争”课程案例中，学生明确提出了一些关于雀类死亡原因或生存原因的假设，并通过对雀类以及它们的生存环境作质的和量的研究，对这些假设进行检验和修正。

为了实现对探究过程的反思，这些活动要求学生计划并监控自己的调查。在“生存竞争”中，学生花了 8 个课时的时间，运用“加拉帕哥斯雀类”软件进行开放式的数据调查。在那段时间，学生被要求调查两个问题：“一年中，是什么引起了雀类大量的异常死亡？”“为什么一些雀类死了，另一些却可以存活？”在限制较少的结构中，学生就必须担负运用数据进行调查的责任，以及进行自我计划和监控活动。

支持反思的工具

在我们的课程中，软件工具提供了学生储存思想和产品的一种方式，以便于这些思想和产品可以成为反思的对象，软件工具还为反思提供了明确的提示。许多学习科学的项目都是通过软件工具来支持反思的，这些软件工具对调查的步骤进行组织，并且能够使专家实践的一些隐性知识外显化（Krajcik & Blumenfeld，本书）。WISE（Linn & Slotta，2000）、交响曲（Symphony）（Quintana et al.，2002）、知识论坛（Knowledge Forum）（Scardamalia & Bereiter，本书）、协同记事本（the Collaboratory Notebook）（Edelson et al.，1996）以及 INQUIRE 项目（Brunner，1990）都采用了这种方法。这些工具为学生提供了一个可以效仿的纲领，并且使学生更容易监控他们的进程。

为调查技术支持学生反思的可能性，我们开发了一个支持探究的环境——“进度档案”（Progress Portfolio，Loh et al.，1997；Loh et al. 2001）。“进度档案”是一个单机版应用软件，它为学生提供了存储文本、图形以及声音文档的功能，它还允许学生从其他软件中获取图片（如，“加拉帕哥斯雀类”软件中的图形，“世界观察者”中的图像），并配有音频注释。“进度档案”通过给学生提供记录当前理解、保存调查产品的机会，为学生的反思搭建脚手架。

347

“进度档案”中也有一个促使学生进行反思的机制：教师和课程开发者可以创造页面模板，这些模板中包含文本提示，让学生记录下特殊的文本或是图形，并让学生对于这些文本或图形进行反思。例如图 20.6 展示了一个“数据页面（data page）”的模板，这个模板是凯泽（Kyza，2004）在“加拉帕哥斯雀类”调查研究中所使用的。这个模板为学生提供了一个表格，学生可以带着以下两个反思提示将图形粘贴到表格中：“你在这些数据中发现了什么？关于你的问题，这些数据告诉你什么情况？”“这些数据是如何支持或反对你的假设的？”这些提示使得反思探究的两个要素清晰明确。凯泽的案例研究强有力地证明了“进度档案”能够促进反思实践。

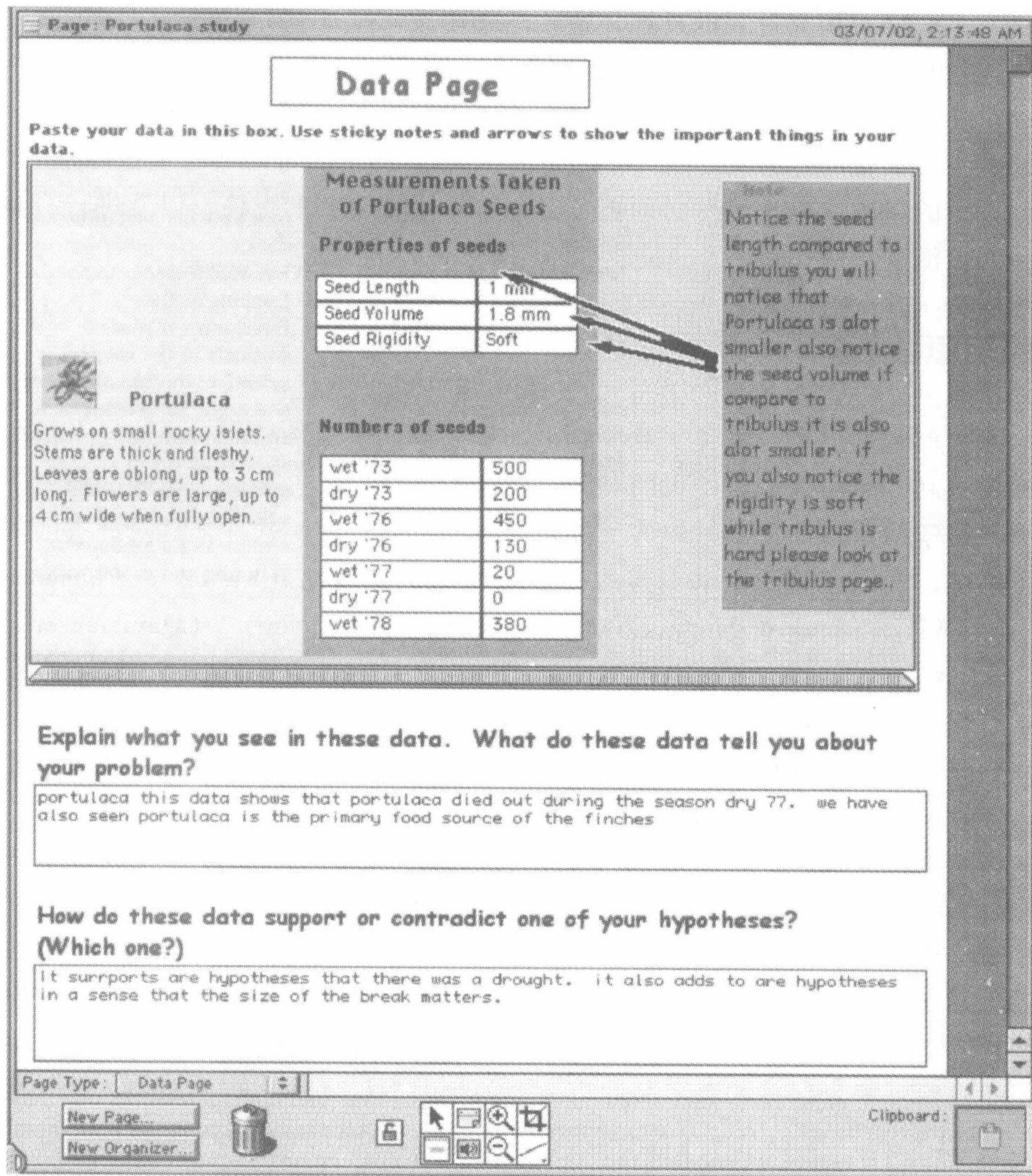


图 20.6 在"加拉帕哥斯雀类"调查研究中所使用的促使反思的"进度档案"中的"数据页面"模板（Kyza，2004）

348 通过社会结构支持反思

我们的经验表明，学生在协作的两人组或三人组中工作时，通过分配认知和元认知任务，能使学生更好地参与到反思探究的实践中。例如，在凯泽指导的同伴协作案例研究中，我们观察双人组中的学生以这样一种模式来从事工作：一个学生（通常是坐在键盘旁的那位）主要关注调查活动，而另一个学生则更具反思性，监控整个过程，并对后续步骤提供建议，同时对反思提示作出回应（Ky-

za，2004）。开放性的探究活动的认知负荷会出现以下情况，对于仍然在学习参与这些复杂实践的学生来说，让小部分学生承担认知负荷，可以使他们顺利地将认知实践和元认知实践以合作的方式结合起来。就如之前我们所描述的数据分析的实践，这种分布式认知，通过减少个人认知负荷，增加实践中知识和能力的多样性来为复杂的实践搭建脚手架。

通向真实实践的策略

我们之所以选择这两个案例来进行研究，是想证明让学生参与到复杂的真实实践的可能性，以及多层面设计方案的必要性。这些方案的设计（包括课程、工具以及课堂社会结构）更接近实践。在讨论中，我们主要关注以下四种方法：将实践置于有意义的情境中、减少复杂性、使实践的内隐要素外显化、安排学习活动序列。通过以上四种方法这两类学习环境可以获得真实实践。

第一个策略是将实践置于有意义的情境中（见表 20.1），它指出了激发学生参与到真实实践的必要性（Blumenfeld，Kempler，& Krajcik，本书）。学习环境设计者可以通过以下两种方式来激发学生：创设提供实践意义的课程情境；将学生置于真实世界的情境中，在这种情境中开展的实践要接近学生的兴趣和关注点。 349

表 20.1　将实践置于有意义的情境中的例子

实　践	系统组成	挑　战	策　略
分析并解释数据	课程	激发学生参与到解释过程中	“行星预报员”和“生存竞争”中基于项目的单元激发学生进行数据调查。
论证并交流结论	课程	激发学生支持其论证	在“什么将会生存”与“看看我们的环境”中让学生扮演科学家的角色，要求学生产生并讨论一种解决环境问题的方法。
反思	课程	帮助学生理解反思的必要性	使学生参与到足够复杂的调查中，这些调查需要进行元认知计划和监控。

第二个策略是减少复杂性。这个策略回应了学习者所面临的一个挑战（处理复杂实践中的多种交互元素）（见表 20.2）。这个策略包括，通过多种方法简化实践以减少实践的认知负荷，例如，将实践分为几个分散的部分，或是为学习者分离出一些可自动完成的任务。 35

表 20.2 减少复杂性的例子

实践	系统组成	挑战	策略
分析并解释数据	课程	“生存竞争”调查中可供选择的数量	“生存竞争”将理解过程分割为几个分散的步骤。
分析并解释数据	工具	学生对使用可用数据进行调查不熟悉	“世界观察者”通过一个反映变量间关系的图表界面，来对调查的数据选择阶段提供支持。
分析并解释数据	工具	建立数据表征占据了数据分析和数据解释的时间	“世界观察者”和“加拉帕哥斯雀类”自动为数据表征属性设置默认值。
分析并解释数据	工具	解释复杂数据表征时存在的困难	“世界观察者”和“加拉帕哥斯雀类”提供了交互式数据样例和含有多链接的表征。
分析并解释数据	社会结构	需求任务的认知负荷	在“生存竞争”和“行星预报员”单元中，学生在两到三人的小组中学习，小组成员共同分配认知负荷。
证实并交流结论	工具	学生在收集有证据支持的论证要素方面存在困难	“生存竞争”中所用的“解释建构器”和“什么将会生存”中所用的工作表，都为学生提供了证实结论的模板。
反思	工具	寻找反思的对象有困难	“进度档案”使学生很容易获得调查的中期产品，并将这些产品收集起来作为反思的对象。
反思	社会结构	平衡调查和反思的需求有困难	在小组成员中分配认知负荷，这使反思探究更易处理。

第三个策略是，使真实实践中的内隐要素外显化，这解决了挑战——帮助学生理解不熟悉的实践中究竟包含什么要素，以及这些要素的基本原理是什么（见表 20.3）。设计者对实践要素（对于观察者或新手来说是内隐要素）进行清晰的陈述，通过此途径来实施这个策略。

表 20.3　使真实实践中的内隐要素外显化的例子

实　践	系统组成	挑　战	策　略
分析并解释数据	工具	帮助学生理解用于分析的具体策略（如，横向比较与纵向比较）	“加拉帕哥斯雀类”围绕这些不同的策略来组织它的界面，使这些不同之处和结果清晰化。
分析并解释数据	社会结构	理解在科学探究中共同体知识建构的价值	“生存竞争”中比较清晰的社会结构部分是：成果共享贯穿在整个调查过程中。
证实并交流结论	工具	学生不懂得用证据来支持结论的重要性	“生存竞争”中所用的“解释建构器”和“什么将会生存”中用的工作表，都代表了论证中具有较好支持的要素。
证实并交流结论	社会结构	学生不利用头脑中的“听众”来建构解释或论证	为中期和最终的工作创造一个可以提供反馈的“听众”，这个听众是班级的其他成员。
反思	工具	学生不知道什么是包含反思的实践	“进度档案”为反思的特殊要素提供提示，如计划和评价过程。

第四个策略，即根据发展进程安排学习活动序列，阐述了实践所面临的挑战——学习者要么概念上存在困难，要么在控制复杂性上存在困难。在搭建脚手架和逐渐拆除脚手架的发展进程中，排序是用来减少复杂性的（Collins，本书）。然而，从前面部分描述的例子和表 20.4 的总结来看，首要的挑战是概念上的困难，而并非复杂性。就概念挑战而言，通过为学习者提供概念支撑连接已学知识和实践，据此安排学习活动序列。拆除脚手架并不像为已有知识提供概念支撑那样重要。

表 20.4　根据发展进程对学习活动排序的例子

实　践	系统组成	挑　战	策　略
分析并解释数据	课程	学习新的数据表征时面临的挑战	在“行星预报员”中，在理解电脑所呈现的数据之前，学生将他们之前所了解的全球温度模式的概念，用蜡笔以彩色地图的形式画在纸上。
分析并解释数据	工具	学习新的数据时表征时面临的挑战	“世界观察者”提供了一个工具，可以让学生将他们自己的可视化图形画在电脑上，以此作为连接旧媒介——纸上蜡笔和新媒介电脑的桥梁。
分析并解释数据	课程	学习新的数据表征时面临的挑战	在“生存竞争”中，在分析“加拉帕哥斯雀类”软件中不熟悉的数据之前，学生先在纸上画出不同的图形，再对熟悉的数据进行划分。

结论

如果教育者想要获得学生参与真实实践的成效，那么他们就必须清楚地表述在引入和支持复杂实践活动时存在的重大挑战。他们就必须先解决引入并支持复杂实践的重大挑战。我们可以从上述所描述的研究中得到一些启示：通过研究关注真实实践挑战的系统设计，循环的过程可以生产出让学生参与到真实实践的设计。这个设计过程，依靠的是学习科学家从设计研究方法论中得出的独到见解（Barab，本书；Confrey，本书）。第一步必须是基于理论和先前研究以及对真实实践的理解。接下来的步骤是原则性的、系统设计的过程，是基于理论、有关设计挑战的先前研究以及已存在系统的设计。这个设计过程通过迭代设计以及形成性评价（用来识别未曾预料的挑战，并评价解决这些挑战的策略）得以持续。作为一个研究团队，学习科学家们对这个过程奉献了许多，同时也学到了许多。

351

致谢

这里所呈现的工作是由许多教育研究者、开发者以及从业者近十几年的协作而完成的——由于人数众多，在此不单独列出姓名。对这项工作作出贡献的包括Covis、SSciVEE、BGuILE、“世界观察者”、SIBLE、“什么将会生存”等项目的成员，以及城市学校学习技术中心和科学课程材料中心。从某种程度上说，本章受到项目批准号为9253426、9454729、9453715、9720377、9720383、0227557的国家科学基金会和McDonnell基金会的部分支持。材料中的任何观点、发现和结论或建议仅代表作者观点，并非反映国家科学基金会的观点。

352

参考文献

Barron, B. J. S., Schwartz, D. L., Vye, N. J., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L., et al. (1998). Doing with understanding: Lessons from research on problem-and project-based learning. *Journal of the Learning Sciences*, 7 (3-4), 271-311.

Bell, P., & Linn, M. C. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22, 797-817.

Blumenfeld, P. C., Fishman, B. J., Krajcik, J., Marx, R. W., & Soloway, E. (2000). Creating usable innovations in systemic reform: Scaling-up technology-embedded project-based science in urban schools. *Educational Psychologist*, 35, 149-164.

Brown, A. L., & Campione, J. C. (1994). Guided discovery in a community of learners. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 229-272). Cambridge, MA: MIT Press.

Brunner, C. (1990). *Designing INQUIRE* (Technical Report No. 50): Center for Children and Technology.

Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.

Edelson, D. C. (2001). Learning-for-use: A framework for the design of technology-supported inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (3), 355-385.

Edelson, D. C., Gordin, D. N., Clark, B. A., Brown, M., & Griffin, D. (1997). *Worldwatcher* [*Computer Software*]. Evanston, IL: Northwestern University.

Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the Learning Sciences*, 8 (3 & 4), 391-450.

Edelson, D. C., Pea, R. D., & Gomez, L. M. (1996, April 1996). The collaboratory notebook: Support for collaborative inquiry. *Communications of the ACM*, 39, 32-33.

Edelson, D. C., Slusher, D., Owns, L., Pitts, V., Matese, G., & Marshall, S. (2004). *Planetary forecaster. Evanston*, IL: Northwestern University.

Elby, A., & Hammer, D. (2001). On the substance of a sophisticated epistemology. *Science Education*, 85, 554-567.

Engle, R. A., & Conant, F. R. (2002). Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: Explaining an emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Instruction*, 20 (4), 399-483.

Geography Education Standards Project. (1994). *Geography for life*: *National geography standards* 1994. Washington, DC: National Geographic.

Herrenkohl, L. R., & Guerra, M. R. (1998). Participant structures, scientific discourse, and student engagement in fourth grade. *Cognition and Instruction*, 16 (4), 431-473.

Herrenkohl, L. R., Palincsar, A. S., DeWater, L. S., & Kawasaki, K. (1999). Developing scientific communities in classrooms: A sociocognitive approach. *Journal of the Learning Sciences*, 8 (3-4), 451-493.

Hollan, J. D., Hutchins, E., & Kirsh, D. (2000). Distributed cognition: Toward a new foundation for human-computer interaction research. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 7, 174-196.

Kaput, J. J. (1989). Linking representations in the symbol systems of algebra. In S. Wagner & C. Kieran (Eds.), *Research issues in the learning and teaching of algebra*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., et al. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design into practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 12 (4), 495-547.

Kozma, R. B., Russell, J., Jones, T., Marx, N., & Davis, J. (1996). The use of multiple, linked representations to facilitate science understanding. In S. Vosniadou, R. Glase, E.

DeCorte, & H. Mandel (Eds.), *International perspective on the psychological foundations of technology-based learning environments* (pp. 41-60). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

353 Krajcik, J., & Reiser, B. J. (Eds.). (2004). *IQWST: Investigating and questioning our world through science and technology.* Ann Arbor, MI: University of Michigan.

Kuhn, L., & Reiser, B. J. (2005, April). Students constructing and defending evidence-based scientific explanations. Paper to be presented at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching, Dallas, TX.

Kyza, E. (2004). *Understanding reflection-inaction: An investigation into middle-school students' reflective inquiry practices in science and the role that software scaffolding can play.* Unpublished Ph. D. Dissertation, Northwestern University, Evanston, IL.

Linn, M. C., Bell, B., & Davis, E. A. (2004). *Internet environments for science education.* Mahwah, NJ: Erlbaum.

Linn, M. C., & Slotta, J. D. (2000, October). Wise science. *Educational Leadership*, 29-32.

Loh, B., Radinsky, J., Reiser, B. J., Gomez, L. M., Edelson, D. C., & Russell, E. (1997). The progress portfolio: Promoting reflective inquiry in complex investigation environments. In R. Hall, N. Miyake, & N. Enyedy (Eds.), *Proceedings of CSCL 97: Computer support for collaborative learning, Toronto, Canada, December* 10-14, 1997 (pp. 169-178). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Loh, B., Reiser, B. J., Radinsky, J., Edelson, D. C., Gomez, L. M., & Marshall, S. (2001). Developing reflective inquiry practices: A case study of software, the teacher, and students. In K. Crowley, C. D. Schunn, & T. Okada (Eds.), *Designing for science: Implications from everyday, classroom, and professional settings* (pp. 279-323). Mahwah, NJ: Erlbaum.

McNeill, K. L., & Kraicik, J. (in press). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In M. C. Lovett & P. Shah (Eds.), *Thinking with data: The proceedings of the 33rd carnegie symposium on cognition.* Mahwah, NJ: Erlbaum.

National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards.* Washington, DC: National Academy Press.

Palincsar, A. S., & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1, 117-175.

Pitts, V. M., & Edelson, D. C. (2004). Role, goal, and activity: A framework for characterizing participation and engagementin projectbased learning environments. In Y. B. Kafai, W. A. Sandoval, N. Enyedy, A. S. Nixon, & F. Herrera (Eds.), *Proceedings of the sixth international conference of the learning sciences, Santa Monica, CA, June* 23-26, 2004 (pp. 420-426). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Quintana, C., Reiser, B., Davis, E. A., Krajcik, J., Golan, R., Kyza, E., et al. (2002). Evolving a scaffolding design framework for designing educational software. In P. Bell, R. Stevens, & T. Satwicz (Eds.), *Keeping learning complex: The proceedings of the fifth international conference of the learning sciences*, (icls). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Quintana, C., Reiser, B., Davis, E. A., Krajcik, J., Golan, R., Kyza, E., et al.

(2002). Evolving a scaffolding design framework for designing educational software. In P. Bell, R. Stevens, & T. Satwicz (Eds.), *Keeping learning complex: The proceedings of the fifth international conference of the learning sciences (icls)*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Quintana, C., Reiser, B., Davis, E. A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G., et al. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 387 - 421.

Reiser, B. J., Carney, K., Holum, A., Laczina, E., Rodriguez, C., & Steinmuller, F. (2000). *The struggle for survival*. Evanston, IL: The Center for Learning Technologies in Urban Schools, Northwestern University.

Reiser, B. J., Tabak, I., Sandoval, W. A., Smith, B. K., Steinmuller, F., & Leone, A. J. (2001). BGuILE: Strategic and conceptual scaffolds for scientific inquiry in biology classrooms. In S. M. Carver & D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (pp. 263 - 305). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Rivet, A. E. (2003). Contextualizing instruction and student learning in middle school project-based science classrooms. University of Michigan, Ann Arbor, MI.

Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 12 (1), 5 - 51.

Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88 (3), 345 - 372.

Schoenfeld, A. H. (1987). What's all the fuss about metacognition? In A. H. Schoenfeld (Ed.), *Cognitive science and mathematics education* (pp. 189 - 215). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Smith, C. L., Maclin, D., Houghton, C., & Hennessey, M. G. (2000). Sixth-grade students' epistemologies of science: The impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction*, 18, 349 - 422.

354

Tabak, I. (2004). Synergy: A complement to emerging patterns of distributed scaffolding. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 305 - 335.

Tabak, I., Sandoval, W. A., Reiser, B. J., & Steinmuller, F. (2000). *The Galapagos finches*, in J. Jungck & V. Vaughan (Eds.), The BIOQUEST library volume vi [Computer Software]. San Diego, CA: Academic Press.

第21章

儿童对物种多样性的探究

355

——有关科学探究的课程活动结构的生动对话

南希·巴特勒·桑格尔

正如布鲁纳所说的，开发、应用能够培养学生理解力之课程材料的艺术包括学习者和学习材料之间的活动对话：

在学习者形成个人观点的学习过程中，我们所能做的就是在她学习的过程中给予帮助。我们有时将在学习者学习过程中给予帮助的手段称为“课程”，但据我们了解，并没有像课程这样的东西。在效果上，课程就像是关于一个主题的生动对话，尽管人们可以对主题加以限制，但是这个主题永远不可能被完全定义（Bruner，1996，pp. 115 - 116）。

几十年来，科学家和科学研究者们一直都在努力开发课程材料，这些课程材料用以支持不断变化的科学素养（scientific literacy）的定义。今天的科学素养定义包括理解科学领域中的特殊概念，以及能够参与复杂的推理过程，如能够从毫不相关的信息中辨别出重点、解释并预测科学事件、理解性地阅读、评价并适当地运用证据和论证（National Research Council，1996）。

依据学习理论（如 Bransford，Brown，& Cocking，2000）的观点，概念性知识的发展需要数年时间，并且要进行多次检验，但是课程改革通常是一次性的，期望在几天或几周的时间内建立一种对科学事实或复杂推理技术的理解。尽管除了美国之外很多科学计划都支持概念和推理的有序建构（如日本；见 Linn，Lewis，Tsuchida，& Songer，2000），但是美国大学预科的科学课程却很少考虑科学概念和推理技巧有组织的、纵向的发展。科学课程所需要的是科学单元的系统过程，在此过程中要考虑推理的初级、中级、高级阶段如何应对以及如何有序地建构重要概念的复杂理解。

本章中，我描述了一个为期一年的课程计划，该课程计划以系统化地培养评价科学内容的发展以及科学中的复杂推理为目的。我还描述了一个研究项目如何

356

通过清晰阐述“应该强调**什么样**的科学知识”以及“这些科学知识应该以**何种方式**呈现给学习者”这样的方式，来阐明支持学习者理解科学基本概念所面临

的困难。特别是，这项研究还是我在开发课程活动结构、强调复杂推理技能的技术工具方面所作努力的有力例证。我的研究团队开发了三个连续八周的课程单元，这些单元包含了六年级学生的科学课。

什么是科学中的复杂推理

科学家和科学研究者认为，作为一个具有科学文化素养的公民，不能仅仅知道有关地球、生命、物理方面的科学事实或概念。科学素养还包括一些复杂推理的能力，如解释、预测、根据证据提出科学论点的能力与在新情境中应用结论的能力等（National Research Council，1996；2000）。学习科学同样也强调了科学事实或概念的基础重要性和用科学推理技巧（如基于证据的论证等）来理解事实和概念的相互依赖性（如 Bransford et al.，2000）。那些呈现概念和推理技巧并通常在真实的科学情境中得以发展的科学知识，称为**科学探究**（National Research Council，2000；Minstrell & van Zee，2000）。科学探究呈现了思维方式以及通常与科学家相关的知识构建过程，而这些都很难转化成基于课堂的学生活动。

许多科学研究者和科学家都将科学探究的发展视为进入大学前科学教育的重点（如，National Research Council，2000；Minstrell & van Zee，2000）。虽然国家科学标准和政策文件也重视学生的探究推理（National Research Council，1996；2000），但是学校教育一方面陷于培养探究的困窘，另一方面则迫于各种高风险（high-stakes）测试的压力。通常，这种用测试准备活动缓解测试压力的做法是以牺牲探究时间作为代价的。最近一份关于中学教师的调查发现，一年的科学课中有 40% 的时间都用在与测试相关的活动上（Songer，2005）。

关注探究的研究者面临的另一个困难是如何定义科学探究的推理技巧的测量标准，使其具体可行。我的研究团队参考了国家科学标准（National Research Council，1996；2000）中关于科学探究的定义，在我们的课程计划中着重强调了探究的具体可以测量的三个方面。它们是：

1. 根据科学证据形成科学解释；
2. 分析不同类型的科学数据（柱状图、曲线图、地图等）；
3. （在相关证据的基础上）作出假设和预测。

在中学科学课的整个学年中，课程活动强调的具体探究推理技巧，是为探究提供指导的系统方法的第一步。在选择了探究推理的这三个方面之后，我们就开始开发课程活动结构，这些结构可以为学生在探究推理方面提供反复的指导。接下来简要介绍了其他人在开发促进形成学生推理技巧的课程活动结构方面所做的工作，最后描述了我们在此领域所做的工作。

357

促进科学素养的课程活动结构

对于科学研究者来说，设计可促进科学推理的课程计划一直以来都是一个挑战。20世纪60年代初期，罗伯特·卡尔波拉斯（Robert Karplus）为科学学习提出了一个学习框架叫作**学习周期**（Learning Cycle），详细说明了应该学习哪些科学知识，以及这些知识应该如何呈现。卡尔波拉斯认为，“学生对关联的自主识别”将“产生理解，而不是死记硬背”（Atkin & Karplus，1962，p. 45）。

“学习周期”来源于皮亚杰的学习理论，它第一次系统地概括了科学理念应当如何、在何时教授给学生，以促进其对科学方法深层概念的理解（Karplus，1977）。“学习周期”清晰阐述了三个有次序的教学阶段，用来描述概念发展的方式与时间。这三个阶段是：**探索、概念介绍/创造、概念应用**。在**探索**阶段，学生在真实境脉中用科学材料来提问和收集数据。在**概念介绍/创造**阶段，要为学习者定义一个与探索阶段的经历和问题相关的重要的科学概念。在**概念应用**阶段，学生将新的定义或原理运用到一个相似的境脉或情境中，超越单一的问题境脉或情境，以此来扩展学生对普遍原理的理解。一个周期后，这三个阶段又在新的材料中循环，重现并激励学生对科学现象深层概念的理解。

自卡尔波拉斯开创性的工作之后，不少人也对促进科学内容深层概念理解的课程顺序进行了概括总结。布鲁纳（Bruner，1996）将“学习周期”的想法发展至“螺旋课程”，螺旋课程通过不断增加复杂性来对概念进行多次探讨，使对概念的理解从直观发展到更具结构化。约翰·布兰斯福德和他的同事们（Bransford et al.，2000）清晰阐述了一种关于学科能力的观点，这种观点强调事实和概念性框架的不固定使用，以此来促进对概念的掌握。

概念重现，是一种来自建构主义（Inhelder & Piaget，1958）的方法，并且也得到了许多建构主义研究者的支持（如Bransford et al.，2000）。这种方法源自对科学发展的认识——对科学的复杂理解的发展需要花费时间、指导和反复试验。许多人都认为学习者需要“**催化剂**”和“**调解**”（Bransford et al.，2000）形式的协助，认为学习者对内容深层理解的发展是有组织的重复循环的结果，如一些含有丰富概念的活动在抽象水平上不断进行的交互。这种课程和学习的观点也比较重视活动的有组织的发展进程，包括在较小的年龄阶段进行高阶思维活动的开展（Metz，1995，2000）。

反复交互策略的一个中心组成部分是有组织的、关注学习者的指导这一思想，这种思想通常以认知脚手架的形式表现（Qunitana et al.，2004；Lee & Songer，2003；Palincsar，1998）。尽管目前大家对脚手架很感兴趣，也涌现出很多对认知脚手架的调查（如Davis & Miyake，2004），但系统发展和支持课堂异质学习者的认知应用所面临的挑战还是很严峻的。很多基于课堂的针对认知脚手架

的调查研究并没有包括对长期的认知支持的研究，例如，随着时间的推移，对脚手架何时、如何逐渐消失的研究（Lee & Songer，已提交）。克拉克和林（Clark & Linn，2003）的研究却是个特例，该研究为长时干预提供了经验证据，即对于物理科学概念的深层理解来说，较长时间的干预是必要的。虽然一些研究项目能够提供探究推理的有力证据（如，White & Fredricksen，1998），但是许多项目不能提供此类证据，这是毫无疑问的，因为干预和研究的持续时间，通常只是几周而不是几个月或是几年。结果是，虽然当前很多研究已经持续了几个星期、几个月甚至几年，但对于有关支持概念发展的最佳手段，都没有形成一个完整的观点。

研究境脉：一学年的六年级科学课程

358

当代学习理论和许多政策文件都强调延长时间对形成概念的深层理解的重要性。学习理论，如建构主义，也为这种知识和信念融入学习情境提供了基础（如，Inhelder & Piaget，1958；Von Glaserfeld，1998）；然而，他们不能清晰阐述这些活动的顺序，以指导学生发展对科学的理解。换句话说，学习理论更擅长于清晰地阐述学习者的活动（如，描述学习者如何以特定的方式与信息和他人交互；Piaget & Inhelder，1969；Vygotsky，1978），而不太擅长于清晰阐述引导或培养学习的可能过程。

我的研究团队逐渐意识到，清晰阐述“学习可能会随着时间推移而得到促进”这一过程的必要性，我们开发了“儿童对物种多样性的探究”（BioKIDS）研究项目，通过三个连续的、培养探究的课程单元来支持**探究准备**（inquiry readiness）这一观点，这些课程单元在一学年的六年级科学课中进行。我们用“探究准备”这个术语来描述：学生如何开始深入探究科学发展，而这又是如何成为后续科学探究的基础的。正如布鲁纳（Bruner，1996）所说的，复杂的知识可以在较小年龄段的儿童中培养——即设想给孩子做一些合适的工作，从而将复杂的推理转化为适当的抽象水平。布鲁纳曾说过：“准备不仅是天生固有的，而且是后天培养的”（Bruner，1996，p. 119）。如我在下文将详细说明的那样，我们的工作是将复杂的推理活动转化为适当的抽象水平，因为我们的目标任务既包括写作课程脚手架的开发，也包括将计算机资源重新设计成适合年龄阶段的认知工具。

我们选择六年级的学生作为目标对象，是因为研究表明，对于复杂科学推理的发展来说，高年级小学生和低年级中学生是比较关键的人选。国际标准数学和科学比较测试显示，美国学生在四年级时成绩最好，但是到了八年级成绩就相对落后了（Schmidt，McKnight & Raizen，1996；Linn et al.，2000）。另外，科学研究和学习技术研究还提出，虽然许多低年级中学生的课程没有促进复杂的思考，但是儿童以及青少年在引导下也可以对复杂的科学现象进行推理（如，Metz，1995，2000；Pea，2004）。

六年级的第一个课程单元历时八周，集中于动物交互活动和生物多样性。虽然我们最初依据州和国家科学标准的要求选择这个主题，由于某些原因，这个主题最终成了发展探究准备的核心。关于学生在生物学方面复杂推理的研究显示，培养关于有生命的物体以及动物交互活动方面的复杂思考，并非一件容易的事。先前研究已经证实，儿童缺乏批判性思维的技能，这些技能与动物生命的复杂性以及动物与周围环境的交互是相关的（Carey，1985）。而且，研究还显示，儿童经常持有一些相关的另有概念，比如食物与能量、掠夺者与被掠夺者之间的关系和种群规模等（Leach et al.，1992）。目前的许多生物课活动对于高年级的小学生来说，对概念的处理过于简单化，调查也局限于基于生理特性而并非科学探究来观察动物和对动物进行分类（Barrett & Willard，1998）。已开展的活动很少能够超出简单动物事实介绍的范围，去探究动物、习性以及环境之间的关系，或者发展一些比较高级的概念，如适应性和守恒性等。

总而言之，学习科学研究认为，五年级和六年级的学生有能力并且也准备好了对动物关系和适应性进行复杂思考。科学教育研究者提供的证据是，儿童在适当的指导下，能够对动物复杂交互的原因进行推理，并且这些理解可以看作是生物学中其他推理的基础（如，Metz，2000）。但是在现实学习过程中，却很少为他们提供继续这种探究所需的挑战和支持。

359

我们的前提假设是，这个为期一年的项目能够对科学探究推理的某些特定领域的发展给予指导（如，解释的形成、数据的分析、建构假设），每一个连续八周的科学单元（单元1，生命科学：生物多样性；单元2，地球科学：天气；单元3，物理科学：简单的机器）都能够成为学习者开始形成科学探究能力的跳板，为后续单元中的高级推理形成富有成效的内容和推理基础。每一个为期八周的课程单元，都围绕着相似的课程活动结构进行组织。下面的部分将以第一个单元——生物多样性单元——为例，来阐述课程活动结构主要部分的开发，描述其关键部分。

物种多样性儿童探究课程活动结构的发展

在前人研究的基础上，我们选择设计能够在为期八周的单元里突出内容发展并能在每个内容领域和连续的内容领域中促进科学推理技能发展的课程顺序。换句话说，虽然我们在第一单元比较关注科学探究的发展——包括围绕物种多样性内容的科学解释，我们也希望指导学生对物种多样性的学习能建立在他们所学的科学解释的发展之上，因为随后他们将要在第二、三单元中学习有关天气和简单机器的科学解释。如前撰述，我们更大的目标是提出三个并列的课程活动结构，这些结构可以共同有成效地工作，并且通过科学推理在后续单元的应用，三个部分可以不断循环，从而掌握科学概念的深层思考和推理。

在各单元的发展和调和中，我们的首要目标之一是，在三个六年级单元中确定教授的内容。我们对内容和学习目标的早期调查，始于对三个层次的科学标准的考察：国家的（National Research Council，1996）、州的（Michigan Curriculum Framenork Science Benchmarks，2000）以及区域的（DPS Science Core Curriculum Outcomes，2000）。在物种多样性的第一单元，我们调查的是与动物的生理特性、栖息地、适应性、食物链、动物分类、人类交互以及守恒性等相关的标准。虽然目标受众是高年级的小学生，但是我们却在不同的层次对标准进行检验，以更好地理解地相关概念的范围和顺序。在这期间，我们也调查了教科书、出版的资料以及网络资源（Barrett & Willard，1998；Fletcher，Lawson，& Rawitscher-Kunkel，1970）。

三个单元中，我们所选择的科学内容都是由各个领域的科学专家确定的，它既描绘了基本的科学事实，又描绘了内容领域（例如，科学探究）的真实推理。内容和推理的选择通常会导致科学教育者、教师以及科学家之间的冗长争论，因为他们比较看重的是其关注主题的顺序，而这些顺序可使儿童参与到真实的推理中；就如科学家们在实践经历中，也很重视时间、测试和约束等。我们选择了以下科学内容，作为物种多样性单元的重点：

- 学生将会学习“丰富性”、“充裕性”、“物种多样性”等概念；
- 学生将在校园中确认并描述出不同的栖息地；
- 学生将会理解在支持不同物种方面，微栖所（microhabitat）所担当的角色；
- 学生将能够在校园通过收集到的数据来描述不同物种的丰富性和多样性；
- 学生将在校园中运用他们所收集的数据，来调查物种多样性的概念。

360

选择好主题之后，我们就开始了比较困难的阶段——将活动发展并组织成有指导的顺序，就如学习周期和卡尔波拉斯（Karplus，1977）、拜比（Bybee et al.，1989）、布鲁纳（Bruner，1996）等人提出的其他活动结构，这样有顺序的活动将会支持科学复杂推理的发展。在此过程中必须考虑许多因素，包括何时介绍与其他概念相关的概念以及学生是如何参与到那些可引起连续内容和推理发展的概念中的。除了学生在每个活动中的表现外，我们也将三个单元设计成四个课程阶段：参与、探究、解释与综合。根据卡尔波拉斯和其他人的研究，这些阶段为科学探究深层概念的发展（参与、探究和解释）和在新境脉中进行概念整合与应用（综合）提供支持。表 21.1 描述了八周生物多样性单元的课程阶段和顺序。

发展课程脚手架，指导科学探究

我们着重强调的对科学内容的选择和课程活动结构的发展，虽然很重要，但在三个连续的课程单元还是没有充分展开。就如布鲁纳关于预备“不仅仅是天生固有的，而且是后天培养发展”的评论中所隐含的意思一样，关于儿童知识

发展的研究表明，不仅复杂推理的发展需要协助（如，Bransfodr et al.，2000），而且在发展的不同阶段或在不同境脉中，如真实世界背景中，也需要更多不同种类的协助（如，Lee & Songer，2003；Palincsar & Brown，1984）。我们之前关于学生学习大气科学的研究表明，对于新手，通过基于真实境脉的活动来发展复杂的推理技能是特别困难的，尤其是当学生想从不相关的变量中分辨出显著概念知识时。正如李和桑格尔（Lee & Songer，2003）所建议的，尽管活动结构是建构学生经验的一项很重要的工具，但也需要在学生处理复杂问题、确定相关证据时提供必要的额外支持来协助学生，对有成效和无成效的学习尝试都要提供适当的指导。

因此，在生物多样性、天气和简易机器课程单元的开发中，主要的困难是，确定指导、提示与暗示的适当形式与程度，在学生处理复杂问题和确定相关证据以及对生物多样性、天气或简单机器等主题进行探究解释时，它们能够提供帮助。

我们最初运用的是基于设计的研究方法（Barab，本书；Confrey，本书），随后使用了准实验设计方法（如，Cook & Campbell，1979），检验了在整个学年三个内容单元中学生解释、数据分析以及假设（或预测）的特征和质量。

361

表 21.1　生物多样性活动结构

课程阶段	活　动	探究目标	为内容目标所选的例子	技术的角色
参与	学生将校园视为动物的栖息地（生活环境）进行观察。学生收集栖息地的数据并对校园绘图。	学生参与到由教师、资料或其他资源提供的问题中	学生在校园中确定并描述各种栖息地	无
探究	学生对实地研究者的工具和动物群组进行探究。学生在校园的一个区域内收集动物种类和生活环境的数据。	学生直接收集数据	学生在可观察的生理特性和结构的基础上，查看、描述并确定生物体	PDA 上“计算机跟踪器”的引入和应用，是为了精确有效地收集和组织数据
解释	学生检验班级数据进而确定生物多样性最高的区域（丰富性、多样性）。	学生根据证据形成解释	学生在校园内运用观察和数据来对动物的丰富性和多样性进行描述	学生运用班级数据进行模型和分析的观察。学生对 PDA 收集的数据进行画图和分析
综合	学生将特殊动物的知识运用到食物链和动物交互的活动中。	学生根据证据形成解释	学生要解释：生理和行为特性是如何帮助物种在其生活环境中生存下来的	学生运用“生物目录”收集动物数据。学生将 PDA 收集的数据转换成其他形式，如表格、图形、天体图等

362

<table>
<tr><th colspan="2">问题 1</th></tr>
<tr><td>版本 B
作为一个小组，你们认为哪一张图片最能表明生物多样性：
照片：________
给出选择该照片的两个理由：</td><td>版本 C
哪张照片（A、B 或 C）最能体现生物多样性？
回答：我们认为照片________最能体现生物多样性。
因为……［数据或证据
· 这张照片有最多的种类？
· 这张照片物种最丰富（richness）？
· 这张照片既有显著的丰富性又有显著的多样性？］</td></tr>
<tr><td colspan="2">学生答案的样例
部分的："多样性就像是财富一样，在照片 A 中有更多的动物的类型。"
完整的："它的种类很丰富，而其他的照片则只有两者中的一个。"</td></tr>
<tr><th colspan="2">问题 2</th></tr>
<tr><td>版本 B
看这两个直方图，以一个班的形式讨论一下哪个区域最有生物多样性。
区域________最有生物多样性。
用数据描述一下你们选择该答案的理由。</td><td>版本 C
看看你从数据分析里得到的两个结果，以班级形式讨论一下在你的校园里，哪个区域最有生物多样性。
在你的校园里，哪个区域最有生物多样性？
回答：我认为区域________最有生物多样性。
因为……［数据或证据
· 与其他区域相比，在这个区域中发现了多少动物并且多少不同种类的动物？
· 这个区域的动物是在哪里发现的？
· 这个区域是如何支持动物的显著丰富性和多样性的？］</td></tr>
<tr><td colspan="2">学生答案的样例
部分的："他们拥有最多的动物。"
完整的："我选择区域 C，是因为区域 C 有显著的丰富性和多样性。"</td></tr>
</table>

图 21.1　具有内容提示和学生回答的课程问题示例

图 21.1 列出了用两个课程版本来表现的生物多样性单元中的两个问题以及相关答案的示例。版本 B 和 C 有相同的分析和解释问题；但是，在决定明显证据的过程中版本 B 并未提供内容暗示来加以指导，版本 C 则包含了一些与注意活动相关的内容暗示。版本 C 的内容暗示用黑体字来呈现。

对每一组学生和每一个课程单元，都使用了前后测比较、书面回应以及对学生解释建构的有声思维采访等混合方式来收集数据。图 21.2 显示了课程版本 B 和 C 中关于这两个问题的比较结果——我们的结果一致地证明，当给学生提供能够支持解释的适当的内容暗示和提示时，学生能够在两个比较重要的方面获得进步：产生科学论断和有效科学解释的能力。通过准实验研究得到的其他结果证

363

明：实验组学生相对于对照组学生的重要进步不仅体现在简单的推理中，更在于他们探究推理能力能随任务难度提高而提高，比如在没有指导的情况下对生物多样性、天气、简易的机械装置进行解释建构（更多内容见 Songer & Gotwals, 2005）。

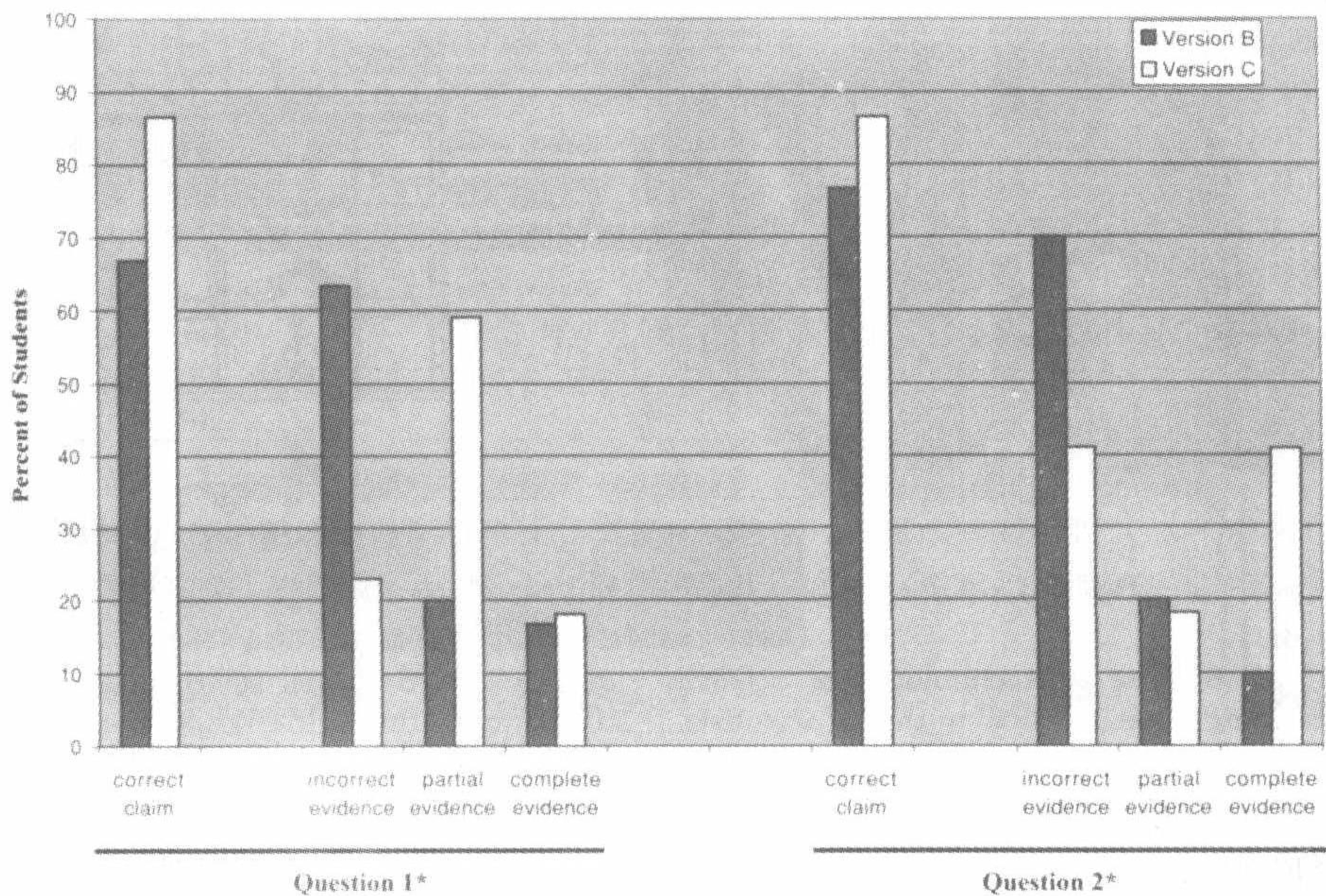


图 21.2　学生对科学论断和证据的反应（N=30, 22）

从数字资源到认知工具

我们关于“在六年级中培养学生科学探究的课程由什么组成”的生动对话之后，接下来是对“科学素养是由什么组成”进行反思。正如国家科学标准中所定义的，当前科学素养的重点是运用适当技术来支持学习目标（Bransford et al., 2000; National Research Council, 1996）。美国大多数学校现在都有很多计算机和其他技术，但是一些研究也证明这些电子资源没有被教师和学生充分利用（如，Cuban, 2001）。特别是，电子资源经常不用来支持发展科学探究所需的复杂推理。

学习科学研究提供了可用来培养科学中的复杂推理的几种方法：比如促进学习的脚手架、为反馈和修正提供更多的机会以及建立地方和全球的共同体（Bransford et al., 2000）。这依然是一个大胆创新的研究主题。科学家们利用技术来支持高阶思维，包括高级分析、建模以及数据表征（Edelson & Reiser, 本书; Lehrer & Schauble, 本书）。当然，儿童在科学学习中的技术使用和科学家

不一样，虽然二者在某些特点中是相同的。这就是学习科学研究者们将科学家的工具转换成适合儿童使用的版本的原因（如，Edelson & Reiser，本书），然而这个转换过程并不简单，也不容易被理解（Songer，2004）。

在认清将科学家所用的丰富数字资源转换为学习的认知工具的必要性之后，我们就开始搜索有可能成为培养探究推理认知工具的数字资源。搜索工具的过程以及转换工具的方式，一直都在三个课程单元中进行着。我关注的是与第一课程单元——生物多样性单元相关的搜索与转换工具。 364

早期，我们的搜索展现了两种最具有潜质的数字资源：计算机追踪器（http://www.cybertracker.co.za）和动物多样性网（http://animaldiversity.ummz.umich.edu）。然而，我们发现，虽然这两个工具的资源都十分充足，但它们最初对五六年级的学习者学习生物多样性的科学探究并没有用。

计算机追踪器是在掌上电脑中运行，并且是图形用户界面（图 21.3）。它是由专业的非洲动物追踪器发展而来的，该追踪器能够在区域中迅速地锁定并鉴别动物。虽然计算机追踪器这个软件最初的设计是用来追踪并记录非洲动物的，但是我们认为计算机追踪器可以作为一种认知工具，它能帮助密歇根州的学生在校园区域内收集生物多样性数据。

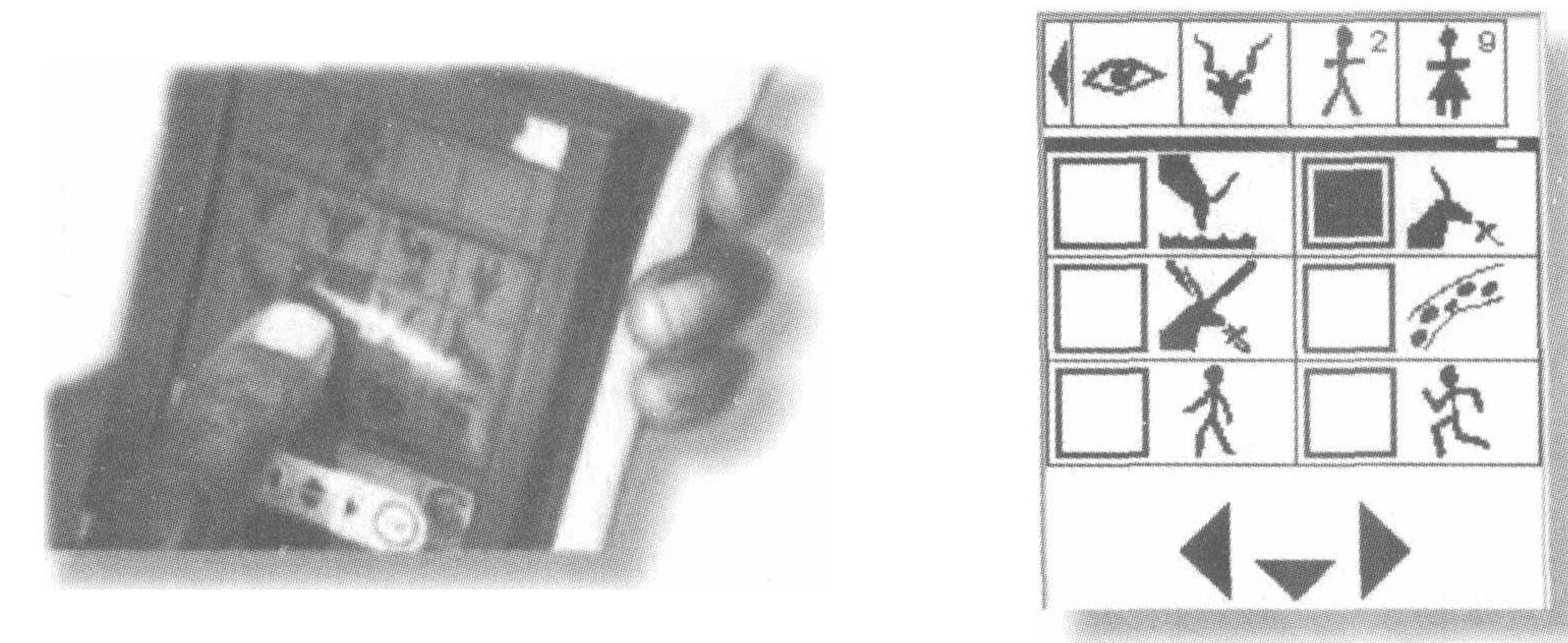


图 21.3 计算机追踪器基于图标来记录领域里的数据

第二个工具动物多样性网（ADW）是一个数据库，包含全世界动物的自然历史、分布、分类以及保护生物学等（图 21.4）。ADW 作为认知工具也具有巨大的潜能；它是一个动物种类的巨大数据库，其中也包括学生在校园区域内正在观察和研究的动物。



图 21.4 动物多样性网络

一旦选择了将这些技术转换成学习工具，我们就开始设计学习环境。我们发现，对于年轻的、说不同语言的五六年级学生来说，计算机追踪器的基于图像的以数据格式进行输入的方式是很合适的。因此，我们对计算机追踪器在词汇方面的调整很小。相反，ADW 包含了大量动物种类方面的科学信息，这对于我们的受众来说还是过于复杂。为了使五六年级的学生可以使用 ADW 中的物种信息，我们需要寻找一种将文本的科学信息转换成一种好的、适合中学生的语言和呈现形式。对 ADW 进行重新设计的结果就是动物目录（Critter Catalog）（图 21.5），一个基于网络的数据库，包含有密歇根州动物的自然历史、分布、分类以及保护生物学信息，这些都以适合中学生阅读水平为依据来组织。

365

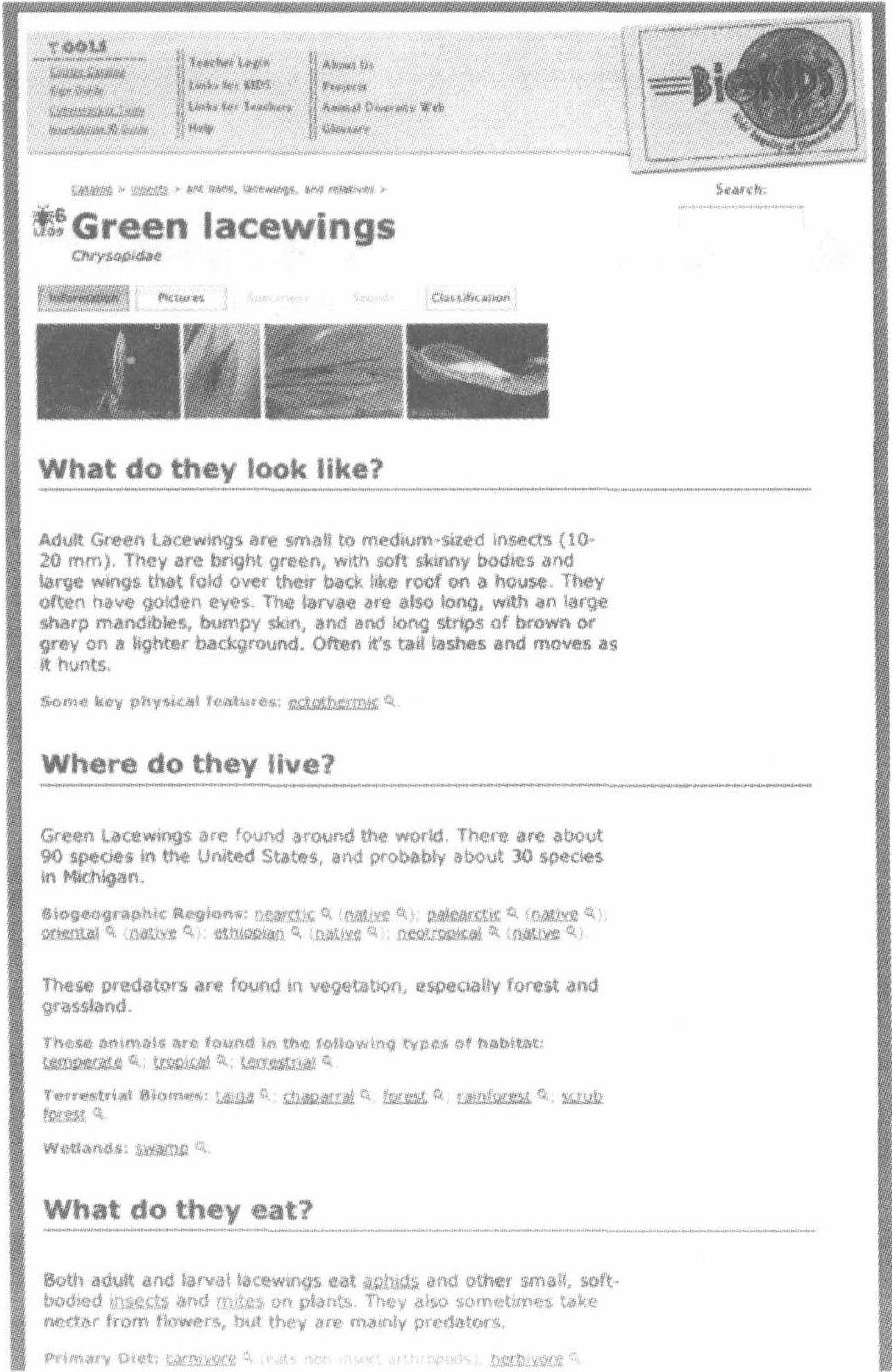


图 21.5 动物目录

进行重新设计之后，我们的目标受众就可以利用计算机追踪器和生物目录，但是它们仍然未被有效运用于科学探究。下一步，我们将对与所期望的学习目标相关的学习工具的认知效益进行检验。开始我们先对每个课程单元所强调的学习目标进行评论，并对每种工具应如何朝向这些目标运用进行调查。如之前所提到的，我们的课程单元关注探究推理的三个维度：从证据中建立解释、分析数据、假设和预想。对于每一个目标，科学数据的收集和组织都是最基本的（参见 Edelson & Reiser，本书）。因此，我们便对计算机追踪器进行重新设计，以集中关注儿童在密歇根州校园内收集动物数据。这一转化既涉及在物群中动物数据登

记组织方式的改编，也涉及一个关注少量数据类型（栖息地、物群、动物种类、数量和区域）的精简序列。图 21.6 展示了学生收集密歇根州动物数据的一个
366
“栖息地概要表”。

Habitat	Animal Group	Animal	How Many?	Location (Zone)
Short grass	6 LEGS Insects	Unknown beetle	13	A
Short grass	6 LEGS Insects	Bee	2	F
Bare ground	Mammals	Norway rat	1	D
Bare ground	Mammals	Rox squirrel	1	F
In the soil	10+ LEGS Myriapods and Crustaceans	Centipede	2	E
Under rock or log	0 LEGS Annelids and Mollusks	Earthworm	1	D
In the air	6 LEGS Insects	Bee	1	A
Single tree	Birds	American robin	1	F

图 21.6　根据密歇根计算机追踪数据所得的抽样汇总表

同样，要使生物目录为探究支持做准备，就需要调查这种工具如何达到培养解释建构和数据分析的学习目标。将 ADW 文本转化为适合低年级的小学生使用的数据库，还有很多挑战，包括：

a. 以一种能减少文本但不会减弱内容的方式转化概念；

b. 简化种类描述的组织方式；

c. 增加视觉信息；

d. 用熟悉的物种名称代替科学名称。

想要了解更多关于计算机追踪器和生物目录的重新设计及用户界面评价方面的信息，可参见帕尔、琼斯和桑格尔等的著作（Parr，Jones，& Songer，2004）。

将数字资源重新设计成学习工具，包含一系列的测试，这些测试围绕着目标受众、工具的认知效益以及学习目标等。但是有许多科学技术没有进行这些测

试，这导致了学校中许多计算机资源得不到充分利用，特别是与一些挑战性的学习目标相关的资源，比如科学中的探究推理。

结论

367

总体来看，建构主义学习理论和学习周期模式的活动结构，都认为所设计的学习环境应该通过在不同境脉中的循环指导和修订，来支持探究科学的系统开发。虽然大致的方法是明确的，但是学习理论和研究报告并没有告诉我们应如何排序、组织、提示和撤去指导，也没有为我们提供支持学习复杂思考的资源，如从事科学探究所需的资源。学习者需要协助和脚手架，以此来发展构建精确的科学解释和从不相关的数据中区分出显著数据的能力；但是，对于不同学习环境和目标受众，何种协助和支持才有效等方面的细节问题还是未知的。从支持理论的近似值到更典型更富有成效的提示指导顺序与类型，迭代设计的循环和准实验研究，都是必须要建立的。

我们研究的是三个有序的、为期八周的课程单元，主要集中在生物多样性、天气和简单机器等方面。生物多样性单元是三个有序课程单元之一，用来培养六年级学生的科学探究能力，本章中也主要利用这个单元来举例。虽然不可能对每个课程单元都进行深入探讨，但是隐藏在探究预备和课程活动结构之后的想法，对以下两方面都起着系统指导的作用：将数字资源重新设计为认知工具；在三个科学单元中，安排好活动顺序、结构以及暗示，以培养复杂推理技能。与每个单元相关的是，混合法的研究指导着资源、活动顺序以及学习目标的迭代求精。

368

总之，我同意科恩、劳登布什和鲍尔（Cohen，Raudenbush，& Ball，2000）以及布鲁纳（Bruner，1996）的观点：学习不一定会受给定的书面课程的影响，但可能受到这些资源的利用方式的影响，资源的利用方式是根据特定的目标受众、特定的学习目标而定的。我们对生动的对话调查得越多，我们的想法才越有可能实现，因此我们将会继续更多的调查，包括对用什么及怎样培养科学解释、数据分析以及产生假设的能力等进行认真调查。

参考文献

Atkin，J. M.，& Karplus，R.（1962）. Discovery or invention? *Science Teacher*，25，45.

Barrett，K.，& Willard，C.（1998）. *Schoolyard ecology*：*Teacher's guide*. Berkeley，CA：Lawrence Hall of Science.

Bransford，J.，Brown，A. L.，& Cocking，R. R.（2000）. *How people learn*：*Brain*，*mind*，*experience and school*. Washington，DC：National Academy Press.

Bruner，J.（1996）. *The culture of education*. Cambridge，MA：Harvard University Press.

Bybee, R., Buchwald, C., Crissman, S., Heil, D., Kuebis, P, Matsumoto, C., & McInerney, J. (1989). *Science and technology education for the elementary years: Frameworks for curriculum and instruction.* Washington, The National Center for Improving Science Education.

Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood.* MIT Press, Cambridge Massachusetts.

Clark, D., & Linn, M. C. (2003). Designing for knowledge integration: The impact of instructional time. *The Journal of the Learning Sciences*, 12 (4), 451 - 493.

Cohen, D., Raudenbush, S., & Ball, D. L. (2000) Resources, instruction and research. *Center for the Study of Teaching and Policy Working Paper W* - 00 - 2. The University of Washington.

Cook, T. D., & Campbell, D. T. (1979) *Quasi-experimentation: Design and analysis issues for field settings.* Boston, MA: Houghton Mifflin.

Cuban, L. (2001). *Oversold and overused: Computers in the classroom.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Davis, E. A., & Miyake, N. (Eds.). (2004). *The journal of the learning sciences: Special issue on scaffolding.* Volume 13, Number 3. Mahwah, NJ: Erlbaum.

DPS Science Core Curriculum Outcomes. (2000). http://www.detroit.k12.mi.us/index.shtml.

Fletcher, S., Lawson, C. A., & Rawitscher-Kunkel, E. (1970). Organisms, teacher's guide. *Science Curriculum Improvement Study.* Rand McNally & Co.

Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence.* Basic Books, Inc.

Karplus, R. (1977). Science teaching and the development of reasoning. *Journal of Research in Science Education*, 14 (2), 169 - 175.

Leach, J., Driver, R., Scott, P., & Wood-Robinson, C. (1992). *Progression in understanding of ecological concepts by pupils ages* 5 *to* 16. Leeds: University of Leeds.

Lee, H. S., & Songer. N. B. (2003) Making authentic science accessible to students. *International Journal of Science Education*, 25 (1), 1 - 26.

Lee, H. S., & Songer, N. B. (submitted) Expanding an understanding of scaffolding theory using an inquiry-fostering science program. *The Journal of the Learning Sciences.* October, 2004.

Linn, M. C., Lewis, C., Tsuchida, I., & Songer, N. B. (2000) Beyond fourth grade science: Why do US and Japanese students diverge? *Educational Researcher* 29 (3), 4 - 14.

Metz, K. (1995). Reassessment of developmental constraints on children's science instruction. *Review of Educational Research* 65 (1): 93 - 127.

Metz, K. (2000). Young children's inquiry in biology: Building the knowledge bases to empower independent inquiry. In J. Minstrell and E. van Zee (Eds.) *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (pp. 371 - 404). Washington, DC: AAAS.

Michigan Curriculum Framework Science Benchmarks. (2000). http://www.michigan.gov/mde/0,1607,7 - 140 - 28753 - 28760 - ,00.html.

369 Minstrell, J., & van Zee, E. H. (2000). *Inquiring into inquiry learning and teaching in science.* Washington, DC: American Association for Advancement of Science.

National Research Council (1996). *National science education standards.* Washington, DC: Nation-

al Academy Press.

National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning.* Washington, DC: National Academy Press.

Palincsar, A. S. (1998). Social constructivist perspectives on teaching and learning. *Annual Review of Psychology* 49, 345 – 375.

Palincsar, A. S., & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction* 1 (2), 117 – 175.

Parr, C., Jones, T., & Songer, N. B. (2004). Evaluation of a handheld data collection interface for science. *Journal of Science Education and Technology.* 13 (2), 233 – 242.

Pea, R. D. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 423 – 451.

Piaget, J., & Inhelder, B. (1969). *The psychology of the child.* New York: Basic.

Quintana, C., Reiser, B., Davis, E., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R. G., Kyza, E., Edelson, D., & Soloway, E. (2004). A scaffolding design framework for software to support science inquiry. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 337 – 386.

Schmidt, W. H., McKnight, D. C., & Raizen, S. A. (1996). *Splintered Vision: An investigation of U. S. and mathematics education.* U. S. National Research Center for the Third International Mathematics and Science Study (TIMSS), Michigan State University.

Songer, N. B. (2004). *Evidence of complex reasoning in technology and science: Notes from inner city Detroit, Michigan, USA.* IPSI – 2004 Pescara Conference, Italy.

Songer, N. B. (2005). *Congressional testimony: Challenges to American competitiveness in math and science, Committee on Education and the Workforce, Subcommittee on 21st Century Competitiveness.* United States House of Representatives, http://edworkforce. house. gov/hearings/109th/21st/mathscienceo 51905/wlo 51905. htm.

Songer, N. B., & Gotwals, A. (2005). *Persistence of inquiry: Evidence of complex reasoning among inner city middle school students.* Paper presented at the American Educational Research Association (AERA) annual meeting.

Von Glaserfeld, E. (1998). Cognition, construction of knowledge, and teaching. In M. R. Matthews (Ed.), *Constructivism in science education* (11 – 30). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students, *Cognition and Instruction*, 16 (1), 3 – 188.

第22章

371

科学教育中基于模型的推理能力培养

理查德·莱勒，利昂娜·斯考伯尔

科学实践的社会学研究揭示了在跨学科领域中物质生产手段和方法的多样性（例如，Galison & Stump，1995）。然而，如果不考虑多样性及其领域，科学家的工作包含了建立和定义世界的模型（Giere，1988；Hestenes，1992；Stewart & Golubitsky，1992）。科学的力量源于阐释科学观点的模型，科学观点也随着创造、修正及阶段竞争而改变。这些实践支持了基于社会的关于物质现实本质的观点，因此，基于模型的推理（model-based reasoning）存在于更广泛的世界中，其中包含参与者与机构组织的网络（Latour，1999），说与写的专业化方法（Bazerman，1988），可获取、可视化、可传递的现象表征及发展（Gooding，1989；Latour，1990），以及对事物偶然性的处理，因为没有模型能具体指定仪器设备或测量方法，也就无法指导实践（Pickering，1995）。

有关建模和基于模型的推理的研究包含了多种取向和学科。一些研究者依靠实验室工作来识别基于模型的推理的重要要素（如 Craig，Nersessian，& Catrambone，2002；Gentner & Gentner，1983）。例如金特纳和金特纳（Gentner & Gentner，1983）研究了相似的电流模型对参与者电路推理的不同影响。相对电阻器效果的预测而言，认为电流与流体相似的参与者能更精确地预计电路中不同电池摆放的结果。相反，利用粒子类比模型来研究的参与者，能更准确地预测电阻器而不是电池的配置。流体类比有助于推理者区分流量与压力，并由此映射到电流（每秒经过某点的电子数量）与电压（电流经过的压力差）之间的区别。初学电学的新手通常无法理解这个差别，反而把两者都归入“强度”这个宽泛的概念。相反，粒子类比有助于理解电流的定义，是每个单位时间经过某点的电子数量，这个定义反过来帮助电阻器的理解，把电阻器比作一个有门的障碍物。

372

其他研究者关注杰出科学家的历史研究（historical research）。古丁（Gooding，1989）研究了法拉第（Faraday）如何利用曲线来表征物体在场里的运动，而曲线原本用于描述铁屑的模式。古丁（Gooding，1990）进一步阐述了这些表征如何促使“磁”这一概念的产生，从而使新的表征形式与新模型的构建共同

发展。大量历史调查证实了这种关系：表征系统和建模在科学上是共同发展的（Nersessian，2002）。实际上，纳塞西安（Nersessian，2002）认为科学思考的核心特征是这些表征和建模，而不是心理学研究者通常所关注的逻辑或推理的形式。

第三种取向是采用人类学研究方法，即利用对科学家的直接观察来考察科学实践（Dunbar，1993，1998）。例如，拉图尔（Latour，1999）对土壤科学家进行了研究，追踪研究了流动在亚马逊森林的边境和巴黎的实验室之间的土壤。在往返的旅程中，将泥土的特性转换成数据，这个过程包括把现象转变成能够替代原始情况的形式。这些形式或"题辞"（inscription）（Latour，1990）筛选了现象的某些特征，排除了其他特征，将易变、难见的世界描述得稳定可见，似乎亚马逊也能被搬到巴黎。

无论实验方法、历史学方法还是人类学方法，都有助于更广泛地理解基于模型的推理。但是本文主要侧重于第四种研究方法，一种来源于教学设计的研究方式。我们采用的研究方法的中心问题是，"如何结合儿童正在形成的能力培养其进行建模实践的能力，让他们创造、修改自然世界的模型，参与科学实践？"要解决这个问题有几种合理的方法。我们的方法是跟教师一同工作，设计培养跨年级或学年的基于模型的推理能力的教室环境，并研究实践及其结果（Lehrer & Schauble，2005）。与设计研究一样（Confrey，本书），我们对发展基于模型的推理能力的研究，其现实目标是想找出培养这一能力的有效方法。

由于我们侧重对在校学生而不是专业科学家建模的研究，因此我们致力于理解基于模型的推理的发展，形成支持推理的实践形式。从建模发展的根源来看，模型本质上是一种类推（Hesse，1965）。因此，教学设计的一个信息资源就是对类推发展的研究。

金特纳和图潘（Gentner & Toupin，1986）指出类推中存在着复杂的连续体（continuum），这取决于基础和目标之间映射的属性。这些映射是在表面相似性到纯粹的关系结构这一范围内变化的。最容易获得的映射是基于表面相似性的：A 代表 B，因为 A 与 B 有某种相似。让一年级学生用弹簧、木钉、泡沫塑料和其他材料来建造一个"像肘部一样工作"的模型。最初学生只注意模仿感觉上凸起的特征，以此为指导来建造模型。其他关于儿童的研究中也发现了"表征"与"相似"的混淆（Grosslight et al.，1991）。一年级学生坚持用圆泡沫球模仿关节上的凸起，用冰棍模仿手指（Penner et al.，1997），尽管这些特征都没有抓住肘部作用的方式。

373

然而，这种对"看起来像"的最初关注有重要的启发作用，尤其是它可以显示出能帮助儿童理解表征的概念。也就是说，一串棍子、弹簧和其他物品也能以某种方式做成代表身体部位的东西。但是，对儿童来说，从"他们的模型应该代表肘部"这个积极的个人目的来工作是不够的。他们同样关心与其他人的

交流，他们试图向同学解释模型的表征状态，说服其他学生相信自己的模型是优秀的。“手指”和“肘突”让模型的特性更有说服力，更容易让那些没有参加建模的学生接受。但是，解决了交流问题后，儿童们的注意力转向了功能，即包含了关系和对象的映射。这些关注出现在下一轮修改的模型中。由于对运动和肘部运动的限制都有亲身体验，学生们开始用材料和设计进行试验，限制木钉的活动范围，来代表肘关节设计的限制范围。

这个从表面相似性到映射关系的转变是类推的标志（Gentner & Gentner，1983）。更强大的类推不是基于表面相似性，而是关系和关系系统的相互连接和制约。数学模型象征更高阶的关系映射，数学系统用重要的方法表示自然系统的结构（Gentner & Gentner，1983；Kline，1980）。例如，在我们的研究中，三年级学生开始探索更复杂的肘模型中负荷的位置和腱的连接点之间的关系（Penner，Lehrer，& Schauble，1998）。在模型中，手臂被当作杠杆，肘部是支点。学生将系统力矩描绘成二头肌的力与从肘到前臂二头肌连接点的距离的产物。这样的数学表述激发了运动范围和各种肘部设计之间的交换。

基于类推映射的拓扑模型

把模型看作类推的形式意味着基于模型和自然系统间的映射类型的途径是未来发展的方向。我们认为这个发展途径是对逐步将更为复杂形式的模型引入教学的最佳顺序的一种推测。我们发现考虑本节所介绍的四种映射类型是非常有用的。在这一节里，我们思考支持这些差异的研究。我们并不试图把这个分类解释为发展过程中的“阶段”或层次，当然专业实践会用到，而且，科学通常包括了多种形式的混合。映射由建模者的目的和意图决定，而非单一地取决于模型的特性。像所有的符号和象征一样，模型也有外部特征和特性。但它们作为模型的状态依赖于解释，使得任何模型的拓扑变得近似。例如，钟摆被看作周期运动的系统模型。然而，大多数情况下钟摆仅仅来回摇晃，它只能表示自身而不是其他东西。

物理缩图

太阳系的机械模型、宇宙的天体运转模型和生态系统的动物饲养所模型是它们所代表的系统的缩图。其他物理模型如细胞的塑料模型也许会比目标现象更大。虽然这些模型大小各异，但它们都依赖于物理的相似性和能量的直接一致性。例如，在机械模型中，行星围绕太阳的轨道是椭圆形的，这一点跟太阳系一样。围绕太阳旋转的速度直接与太阳系的速度相称。飞机模型模仿真正的飞机来建造，在风洞中其机翼的功能与真正的飞机在空中飞行时是相类似的。建筑师和

374

城市规划者通常会建造社区比例模型，这些模型保留了坐落在特定位置的建筑物的样貌和触感，以及建筑物与建筑物之间的关系。

这些感觉上的相似性辅助了物理缩图和自然系统之间的映射。正如先前提到的，儿童最初建模的尝试可能会受到表面相似性的引导（Penner et al.，1997），因此物理模型通常是建模实践的有效入门。以一组一年级学生为例，他们饶有兴趣地观察万圣节南瓜的腐坏。他们参与了这个过程，展开了对“腐坏”的全面研究。他们最初在操场上开展调查，随着冬天来临，植物停止了腐坏，开始结冰了，他们的室外研究也停止了。为了在室内继续进行研究，孩子们设计了混合肥料堆（Lehrer，Carpenter，Schauble，& Putz，2000）。他们选择了与室外系统类似的材料，包括发霉的土豆、泥土、树叶、橡胶套和泡沫塑料。用水来代替雨水，孩子们不时地观察着混合肥料的变化。观察到的许多变化激发出了新的问题，包括混合肥料堆是否真的需要橡胶套和泡沫塑料。学生们考虑哪些要素对腐坏过程是必要的，哪些是无关紧要的，来分析模型与世界的关系。不久后，相似性的影响会减少，他们的建模活动越来越多地受到系统关系的支配，但是，在克服最初的困难，即让所有人接受混合肥料堆作为操场上所发生过程的合理模型方面，相似性至关重要。

因此，物理缩图通过表面相似性给建模提供了早期的可能，但在学生决定模型系统中应包括什么，为什么要包括及如何修改模型来解释新的观察和数据时，它也可以激发学生产生关于关系结构的问题。斯图尔特和他的同事（Stewart et al.，2005）让九年级学生制作“地球—月球—太阳系统”的物理模型。在教学过程中，学生不断修改模型来说明新增的数据（例如日出的方向、月出的时间），从而得到反映天体间众多关系的模型。关系结构的增长有着解释性的意义；在教学后的评测中，学生能够对从月食到季节变更的大量活动作出连贯的解释（Cartier，Barton，& Mesmer，2001）。

虽然我们强调缩图是教学建模的有效起点，事实上它们在许多专业实践和调查中也起着重要作用。纳塞西安等（NerSessian et al.，2003）把在生物医学工程学实验室进行的研究称为包含技术制品与人的合作的分布式系统（又见 Latuor-Latour，1999；Shapin & Schaffer，1985）。一些制品是采用生物基质（如细胞培养）的物理设备。这些设备是血管系统的机械模型。它们不是血管的复制品，而是模仿血管主要功能的理想化模型。尽管与一年级学生考虑混合肥料堆属性的实验问题非常不同，但形成于该实验室的缩略模型会随着研究者对自然系统认识的改变而不断变化。重新建造的制品反过来也影响了研究者对生物系统形成新认识的时间。纳塞西安等（NerSessian et al.，2003）注意到，制品和人之间的合作不但改变了制品也改变了研究者对自然系统的认识。实际上，拉图尔（Latour，1993）提出，在调查研究中“加入”制品对“现代”科学的探索同样非常关键。

375

制品与人之间的合作不只是满足人的好奇心，还有教学上的意义。以六年级

学生为例，他们对水生系统进行了现场研究，然后试图在一加仑的广口瓶里设计一个可持续系统（Lehrer & Schauble，2004）。开始学生以为这个任务不是问题，只要简单地把附近池塘里的成分（基体、植物、动物）复制过来就解决了。令他们惊奇的是，广口瓶中的缩略模型很难设计和研究。意外的情形如海藻花给设计带来了困难（而且它还会在教室散发难闻气味）。这些现实的问题（参见 Pickering，1995）改变了学生对水生系统运作的认识，激发了新的探索路线。

表征系统

模型是表征系统的典型表达形式，例如地图是世界的模型。拉图尔（Latour，1990）指出，科学表征系统（拉图尔称其为"**镌刻**"）有共同特征，适合于调动认知资源和社会资源为科学论断服务。他认为表征的重要性质包括：（1）题辞的机动性和不变性，这样就可克服时空的阻碍，固定变化使其能够成为反思的对象（例如地图可以传递，但地球表面不行）；（2）可缩放性和再生性，这样更加经济，同时也保留了表征对象要素间的关系结构；（3）重组和添加表征的可能性，这样就可以产生原本不可见甚至不可想象的结构和类型；（4）参考控制，因为表征在项目研究中流传，它取代了原始现象，但又与原始现象存在索引关系，因而也可以激发创造力（Latour，1999，p. 72）。林奇（Lynch，1990）补充道，表征不仅可以保留变化，而且还能对其进行编辑。表征中可以删减和增加信息。

教学上的难题是支持儿童对表征的使用和认识。发展心理学文献指出，学前儿童用一个事物代表另一个事物的方式多种多样。孩子们在上学之前，已经能区别一些图画的表现形式、比例模型和视频表现形式（DeLoache，2004；DeLoache，Pierroutsakos，& Uttal，2003；Troseth，2003；Troseth & DeLoache，1998；Troseth，Pierroutsakos，& DeLoache，2004）。儿童假想一些物体代表了另一些物体（木块代表茶杯，香蕉代表电话），但是他们仍然知道物体并没有真的改变原始性质、特征或功能（Leslie，1987）。

在具备这些早期的表征能力的同时，儿童也培养出记下或标示世界的一整套方法。4 岁时，儿童已经形成了包括绘画在内的大量标记方法（Karmiloff-Smith，1992；Lehrer & Lesh，2003）。卡米洛夫·史密斯（Karmiloff-Smith，1979）让7—12 岁的儿童建立表征系统，通过在一条有分叉路的环形大路绘制标识来指引司机驾驶。因为当司机前行的时候，地形是展开的，儿童们不可能提供所有路线的方向，而只能在一系列岔路口标记继续或是改变方向。为此，孩子们发明了各种标记，包括地图、字符（如用"L"代表左转）、箭头和粗细不同的线条。许多孩子在任务过程中改变了策略。这些改变是为了让隐含的信息更明确，也就是说增强表征系统的交流效能。即使当隐性信息更少（非冗余）或简短的表征已经足够（比如，技术上已经没有必要增加一个标记来表示不可转弯，因为已有

376

一个表示转弯的正确标示），情况亦是如此。卡米洛夫·史密斯指出，这些表征上的变化反映了儿童对任务内部表征的变化。

这样的符号能力是儿童创造和修改表征系统（即自然世界的表示方法）的基础。我们在教学中尝试让学生创造表征方法，从视觉上标示出他们对系统运行的猜想，比较不同表征系统的可供性（affordances）和局限性。给学校操场绘制地图的儿童发明了表示距离、方向、原点、比例的独特方法（Lehrer & Pritchard，2002）。通过比较彼此的试验性地图，孩子们重新思考位置和空间，并把用符号标示的操场创建成一个数学（极坐标）系统。迪塞萨（diSessa，2004）认为这种教学的目标是元表征能力的培养。表征系统不仅交流思想，而且也形成思想（Olson，1994）。获得表征的词汇、符号及对其属性的理解对于建模是必要的。

我们安排教学活动，以便孩子们用来表征自然系统的图画和相关资源，逐步地朝数学化和系统化演进。例如，在对三年级学生发明一系列描述植物生长方法的调查中，我们和教师支持了一种"层级"（cascade）的表征。在这个层级中，初始的表征形式作为输入整合到后续发展的系统中（Latour，1990）。最开始儿童依靠感觉上的相似性从不同的角度绘图，画出压印的植物轮廓（见图 22.1）。这些早期的表征有助于以后发展到抽离表面现象的表征。植物的轮廓可以作为不同生长时期植物重量/宽度的记录，为学生对植物的测量提供线索，并对生成变化作更多的描述，如描绘变化比率（如高度与时间变化的比率）的图形。这样轮廓成了拉图尔（Latour，1999）所说的"循环参考"（circulating reference）的类型，即科学家建立从世界到表征集的参考链。这些早期的表征形式也引起了对植物相关属性的新关注，包括树叶的数量、种皮、种子的数量、植物宽度（Lehrer，Schauble，Carpenter，& Penner，2000）。

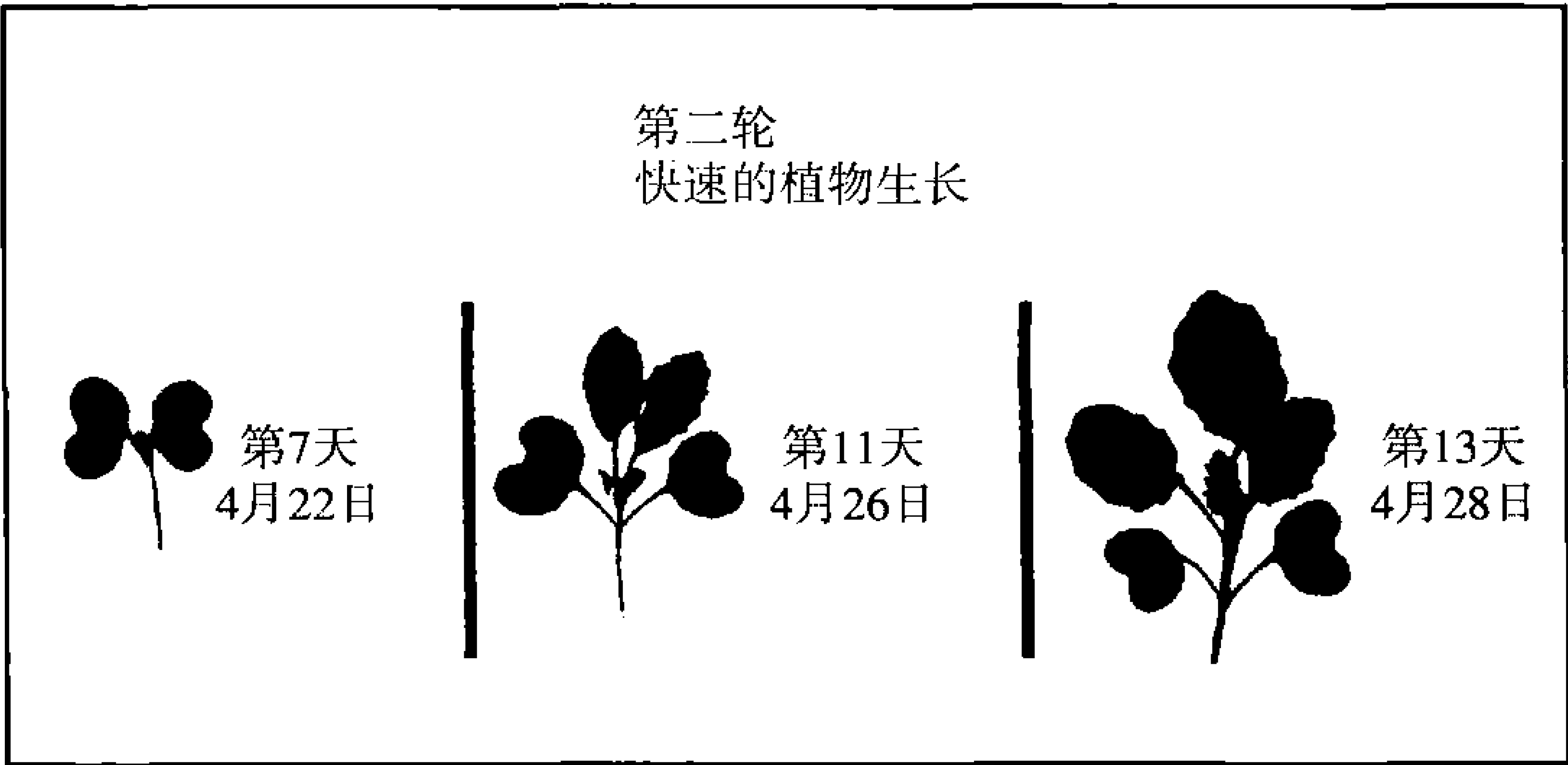


图 22.1 随着时间的改变压印的植物轮廓线索形成了循环参考

表征的总集共同改变了学生对生长的思考方式。自然世界逐渐变得去自然化（de-natural），但是也更易接近和移动。表征的发展改变了概念地图，学生开始提出关于植物的新问题。例如，植物的根像嫩枝一样成长吗？为了探索这个新问题，学生们开始求助于对他们来说全新的显示技术（笛卡尔系统）和新的表征形式（线性分段，piece-wise linear segment），以支持和反驳植物像嫩枝一样生成这一论断。学生注意到，在任何特定的间隔中，植物的生成率都不一样。根和嫩枝的成长呈"S"曲线，即植物的开始生长很慢，之后变得很快，然后又变得很慢。注意到这个形状上的相似性，学生开始思考"S"曲线的重要性。为什么植物不同部分会长成一样的形状？何时生成最快？快速生长时期有何意义？所有这些问题都是表征形式与看待生物基本生长方式相互作用的结果。

377

其他研究者也表示表征系统与概念转变之间有紧密的联系。例如，斯腾宁等（Stenning et al.，2002）认为表征形态（从方程到图像）的变化是转变中学生人口增长概念的重要因素。学生一开始用线型模型描述人口增长，并准备了图示，之后他们发现人口增加并非只是一系列的加法，很快他们将问题从数学向生物学角度进行映射。表征上的转变促使了数学描述转向解释比例的变化。参考系统的发展变化经常能为概念变化提供线索。

句法模型

上一节提到，表征系统通常以假想或模仿的基础符号能力及诸如绘画的基本表征能力为起点。地图和球体等表征系统并非是对世界的真实描述。它们展示的相似元素（如球体是范围，地图上的线代表道路）也取决于一些规定，这些规定把它们与预计的指示物更清晰地区分开来。例如，在地图上，五角星代表主要城市，而点则代表小城市或城镇。

与物理模型和地图、球体相比，句法模型（syntactic models）总结了系统的基本功能，与被建模的系统并不相似。例如，为了找出树或建筑物的高度，可能会用到等边三角形作为模型。类似地，一个电脑程序与贝壳没有相似之处，但如果能知道这种生物成长的本质要素，也能够用来构造贝壳模型（Abelson & diSessa，1980）。可通过反复抛硬币的方式来回答诸如"这种选择是有意的还是随机的"此类问题来研究动物的行为（如食物偏好）。

378

句法模型的力量来自于关系映射。许多课堂研究项目在这个定位上是一致的，虽然有些研究把相似性当作句法模型的桥梁。图 22.2 描述了 Model-It 模型表征的场景视图（World View）（Metcalf，Krajcik，& Soloway，2000）。Model-It 为建造和测试模型提供了环境，在本例中，学生要开发出小河生态系统的模型，场景视图要按照物理相似性来开展研究，但需要指出的是，之中那些放大的、理想化的生物应该是生活在小河里的。



图 22.2　Model-It 模型表征的场景视图

为了创建模型，学生要描述系统的性质及视角关系（prospective relations）。学生可能把小河当作对象，把“磷酸盐”（phosphate）和“水质”看作其要素（factor），再定义它们之间的关系，如图 22.3 所示。屏幕右边的图形链接到文本表述，当关系改变时图形也会发生变化。

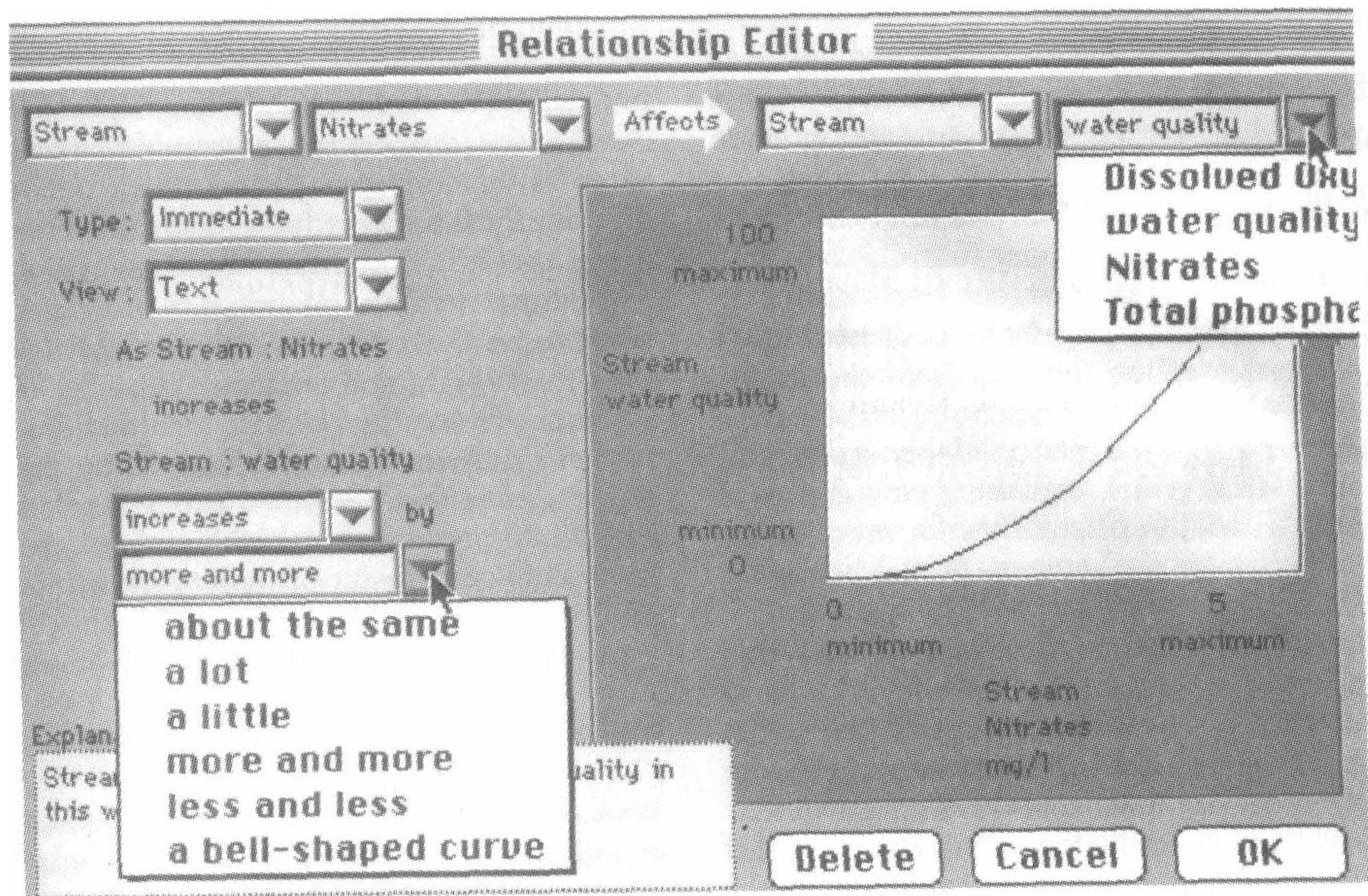


图 22.3　Model-It 的关系编辑器

Model-It 用不同因素来实现学生描述的定性关系。图 22.3 的关系编辑器隐藏了此种复杂性，与许多科学教育的研究一样，这一设计思路是肯定了定性描述的重点作用，并认为这种经历可以指导以后的定量推理。

其他建模方法则更多以量的研究为导向。如遗传学模型使学生能够进行大量的遗传交叉试验，并对现场观察的生物群体的后代频率进行模拟匹配（Jungck & Calley，1985）。课堂教学强调模型的循环，尤其在修正模型时，学生可以创造出能够解释复杂遗传类型的模型（Stewart et al.，1992，2005）。

379

突现模型

突现模型（emergent models）对模型与世界之间的映射施加了更多的约束：对象间的关系产生突现行为，突现行为在对象或关系本身的描述中并不明显。例如，气体的性能可以用桌球的碰撞来建模；碰撞速度的增加也加大了桌球撞击容器或桌球台的力量，此模型说明分子的速度越快，施加的压力也越大，这个预测是可测试的。系统的突现模型经常可以见到，鸟群飞行时的“V”字形是突现的：一开始并没有一只领头鸟要去带领其他鸟飞翔，“V”字形形成于简单的交互规则，每一只鸟只跟随邻近的鸟儿，它们并不知道鸟群的形状，也不知道前方有一个“领头羊”。市场的股票价格是突现的：中央政府没有设定公司股票的价格，相反，它的价格来源于成千上万投资者的各自决定。

雷斯尼克和维伦斯基（Resnick，1994，1996；Resnick & Wilensky，1998；Wilensky & Resnick，1999）指出，人们通常认为突现模型不可信甚至是矛盾的，因为他们相信复杂系统必须集中管制。进化论和智能设计的争论就是常见的例子。人们很难相信钟表匠是瞎子（Dawkins，1996）。彭纳（Penner，2000）关于中学生对突现现象理解的研究表明，培养对突现模型的理解面临三大挑战：（1）认识到可能不止一个原因（如中央政权）；（2）区分分析的总体水平和个体水平；（3）由微观层次上的微小扰动（perturbations）推理到宏观层次的作用。学生通常把突现层次看作逐层的继承（微观层次），将个体的属性归因为总体（Wilensky & Resnick，1999）。齐（Chi，2005）进一步指出，学生可能会犯本体论的错误。由于混淆了模型行为与真实世界行为，结果也混淆了突现系统与其他系统。

380

虽然研究准确地道出了这种建模形式的困难所在，但社会研究强调掌握和研究新概念的表征工具及内部结构的重要性。类似地，可以想象新的表征工具也会使那些关于突现的疑难概念变得容易获得。最近开发出的新的建模系统工具，可以更容易地进行突现建模。之前这曾经是微分方程的范围，现在则可以用编程语言根据相对简单的关系集，将模式创建为平行执行的代理集合（Resnick，1996；Wilensky，1996，2003；Wilensky & Resnick，1999）。系统的作用结果取决于代

理间的相互作用，无法根据参与者遵循的规则来预见。此外，突现模型也不必拘泥于计算机模型。维伦斯基和斯特鲁普（Wilensky and Stroup，1999）、科莱拉（Colella，2000）描述了一系列模拟的参与情形，中学生带着计算器或电脑参与一种病毒疾病传播行动的研究，每个学生（作为代理）都对疾病出现过程的描述作出了贡献。

新方法采用的简单工具也为突现模式提供了直觉。四年级学生独立测量学校旗杆高度，发布的测量结果就是突现现象。有的学生测量结果低于实际高度，有的则高于实际高度，所以学生很容易把结果看作大多数人近似得到的一个相同的测量高度。因此，测量结果的收集或发布并不是单个人作用的结果，而是个人作用的集体结果（Petrosino，Lehrer，& Schauble，2003）。

支持教学中的建模

如前所述，类推开发可以为把建模引入教学提供重要指导。如果目标是培养基于模型的推理能力，决定何时以及如何越来越多地引入有挑战性的建模形式是很重要的，这是一个长期的目标。但是只考虑模型的性质对建立学校建模实践是远远不够的。科学模型产生于组织环境内并作为该环境中的论证工具（如 Latour，1999）。它们代表了特定甚至特有的认识范畴：考虑到假设的可选性，查找和评价另一个对立的模型，这不是一种自发出现的论证形式（Driver et al.，1996；Grosslight et al.，1991）。

既然不可能而且也不需要让学生进行专业实践，那么适合学校的实践应当支持基于模型的推理，培养建模认识。“实践”指的是一个由其成员共同参与的活动系统。技能培养中对个人的关注是分析的范围，而实践强调的是集体。当然，个人和集体的发展始终是相互关联的（Mead，1910），但是从设计学习环境的角度来看，应当明确地考虑到集体活动的形式，这些活动可能支持个体的发展。其中包括三个基本要素：（1）找到帮助学生理解科学研究过程的方法（Edelson & Reiser，本书）；（2）强调培养和运用各种表征形式；（3）利用建模的周期特性。

38

支持探究

科学建模的方法只有在形成、评价、支持研究的情境中起作用。在专业科学机构中，物质和社会情境强烈影响了值得思考的问题种类、研究问题的合理方法、有说服力的论据形式、能取得最权威结果的交流方式。在教学机构中，这些标准必须建立和维持在课堂教学的基础上。实际上，获得细微差别的建模推理方式需要长期努力。因此，理想情况下，这些标准应该一直在学校各年级中采用并逐步加深。

斯图尔特等（Stewart et al.，1992）在说明遗传学教学中的建模方法时指出，“科学既是关于经验事物的，也涉及概念创造及在共同体中共享意义”（p.318）。与这个立场相一致，研究者与教师合作，将他们最重要的科学研究机构的要素搬到了课堂中。因此，学生以小组形式协作，学习提出问题，运用模型研究问题，解释观察到的现象（观察计算机实验室中，遗传单元生成模拟有机体的遗传类型），说服同组或其他小组相信自己的模型可以最好地解释观察到的数据。事实上，每一候选的模型都会公布出来。研究小组把各自的模型呈现在同学们面前，并根据批评辩护，这些批评可以针对模型本身或是调查的基础策略。反过来，批评促进模型的修改，因为学生要尽量修正模型，使其足以解释其他小组的研究结果，预测新情况下可能出现的结果。课堂上，教师不再是知识的传播者，而是有经验的科学研究者，指导学生，鼓励新思想，参与和监督评判过程。对研究者而言，他们关心的是研究小组如何搞清楚研究数据的含义，他们如何说服同学认可他们创建的模型的功能，以及最后如何就解释和最终解决方案达成共识。

怀特和他的同事们（White & Frederiksen，1998；Schwartz & White，2005）也进行了类似的研究，即利用计算机辅助对力和运动的建模。他们在教学中强调，将概念任务和计算机工具延伸到教室环境设计，教室环境赋予了建模意义和境脉。在他们的“思考者工具箱”（Thinker Tools）课程中，怀特和他的同事鼓励学生生成、测试自己的关于科学现象的因果概念模型。而且，同样重要的是让教室里的成员在达成目标过程中监控、反思自己的进步。目的是为了支持学生的转变，不再遵循课程和教师制订的活动顺序，而是让学生自己制订实验和观察计划，检验现有理论的合理性，将自己的理论和研究结果与其他同学的作对比，修改模型以提高普遍性和预测力。

382

虽然达到目标的教学设计各异，但是斯图尔特和怀特的研究有一个共同的信念，那就是在教室环境中明确地增加教学关注是十分重要的，要让教室环境中参与、活动、对话和评价的规范可以支持建模认识论。

元表征能力

在学生努力发展元表征能力时，建模更有可能扎根发展（diSessa，2004）。对建模来说，很重要的是开发、修改、操作表征来解决问题、解释事物并说服其他人，但一般学校教育都没有培养这些能力。相反，学校通常教授学生常规的表征手段，像课程中预先设定的独立主题，却极少甚至不提及这些问题引出的情境。例如，可能会以刻板的方式教授学生如何绘制饼图，但是却没有任何问题来说明为什么要采用这种设计，学生不可能考虑到诸如传播效果、说服力之类的因素，也不可能去尝试其他的替代表征技术。更糟的是，学校几乎总是单一地培养

学生表征，但如前所述，如果学习环境给予学生更多的空间支持表达自己的观点，他们会有更多丰富的表征形式。

当学生为了解决问题、交流或是说服他人而创造、使用、批评自己的表征时，他们可以学到大量传统课堂学不到或从未涉及的知识（Greeno & Hall, 1997）。例如，这些观点包括：表征是用来传播的，受众需要从表征中读出创作者的意图，大多数问题的解决方法不止一种，这些解决方法因目标不同各有优劣，而表征形式会突出代表世界的一部分而隐藏其他部分。

建模周期

当学生有多次机会创建、修改模型并对比不同模型的合理性时，学习会得到加强。模型的差异有助于更好地学习建模的领域，促进学生对建模的认识（Hestenes, 1992; Lehrer & Schauble, 2000; Metz, 2004; Stewart et al., 1992）。各种模型创建、评价、修改、应用的周期可能出现在不同的时间段。一些周期延展到更长的时间（例如，学生对特定物体模型的认识要经过数年学习来修正），而另一些则可能只出现在一节或数节课中。莱什和他的同事设计了建模周期为一到两节课内的教学，这些建模周期开始时给学生呈现**模型化问题**（modeleliciting problem）（Lesh et al., 2000）。这些问题通常来自专业实践，特别是工程、商业、社会科学。学生需要整合多种数学方法，而不是简单地应用单一的解决方法（见 Lesh & Doerr, 2003）。例如，学生可能会看到一个数据表格，它表示在 10 个运动项目中 8 名学生各自的成绩。每个项目的成绩都有不同的数字形式。100 码短跑的记录结果可能是每个运动员所用的时间。高台跳水的结果是从 1—5（很差—优秀）的数字等级。跳远可能是 3 次试跳中最远的距离。学生的任务是要考虑 10 项运动中 8 名学生的得分，运用数据来创建模型，用来确定 3 名表现最好的学生加入学校运动队，并公开说明和论证他们的模型。

学生通过小组协作创建最初的模型来解决问题。可以想象，小组会提出多种模型，通常每个模型都有缺点。教师引导全班讨论每个模型的优劣，鼓励小组根据讨论中提出的问题对模型进行修改。这样，学生的模型通过创建、测试、修改的循环而不断发展。当然，修改常常需要改变步骤，可能也需要整合说明假设或问题目标的不同方法。当学生调整模型获得更多的一致性和连贯性时，他们会注意到某个表征的额外意义或模型无法解释的其他特征。

建模周期包括创建和评价多种相互作用的表征系统。建模的早期阶段，通常会有各种不协调的想法，当学生创建和修改模型表征时，也参与基于模型的对话，这样他们能协调并进行选择（如，Lehrer & Lesh, 2003）。表征和模型以这种方式共同发展，学生先创建适合于某个特定问题或情况的模型，再将模型延伸到更普遍的结构中（如，Doerr & English, 2003）。

当然，教室环境的这三个特征，即支持探究、表征、创建—测试—修改，相互紧密联系。每个特征促进其他特征，它们一同形成了教室规范和实践的网络。

讨论

建模非常需要转变科学教育的观念。从建模的角度来看，经过长期学校教育学生得到的重要结果应该是掌握了不断积累的、可拓展的、普遍的、数学功能强大的建模技能。但这并不意味着科学内容就不重要了。相反，利用模型组织教学的一个优势就是可以让教师避免对“科学过程”或“科学内容”的相对优势进行反复的无用争论。建模活动涉及对**某事物**建立模型，而且这事物（内容和范围）随着问题的提出、研究的开展、结论的得出都很重要。同时，建模是实践，而不是大量简化的事实。**因为**内容十分重要，选择时应该注意创建和延伸学生模型集的可能性。除此之外，建模对教师也有益，因为模型是描述性的（通常是数学上的），可以公开地辩驳，所以模型可以让教师看见学生的思考，这种可视性大大促进了指导教学的信息评估（Means，本书）。

384

建模也需要学生认识目标的转变。学生应该学会提出、评价、探索有价值的问题，而不是找到课程设计者或教师的问题的答案。实际上，在一个六年级的班级中，学生在整个学年的课程中都在创建、修改、运用自己的标准解释什么是“有价值”的科学问题（也可作为什么是可信证据的相关标准）（Lucas et al.，2005）。在这样的课堂上，学生也了解到科学研究不是发现“正确”答案（教师早已知道）。相反，他们开始认识到答案不可避免地会导致其他问题，对现象的深入研究不只是简单地重复知识（如，“我们已经掌握了这些知识”），而是会引发更深层次的认识。

最后，建模创造机会让学生成为模型的创建者，而不仅是书本模型的应用者。学生相信他们能够对新模型有所贡献，而非简单重复前人。最终，学生更多地了解了科学的本质——即那些广为接受的科学模型，也是源自于像他们所参与的一样的实践过程。

参考文献

Abelson, H., & diSessa, A. (1980). *Turtle geometry: The computer as a medium for exploring mathematics*. Cambridge, MA: MIT Press.

Bazerman, C. (1988). *Shaping written knowledge: The genre and activity of the experimental article in science*. Madison: University of Wisconsin Press.

Cartier, J. L., Barton, A. M., & Mesmer, K. (2001, March). *Inquiry as a context for meaningful learning in a 9th-grade science unit*. Paper presented at the annual meeting of the National

Association for Research on Science Teaching, St. Louis, MO.

Chi, M. T. H. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *The Journal of the Learning Sciences*, 14, 161 - 199.

Collela, V. (2000). Participatory simulations: Building collaborative understanding through dynamic modeling. *The Journal of the Learning Sciences*, 9, 471 - 500.

Craig, D. L., Nersessian, N. J., & Catrambone, R. (2002). Perceptual simulation in analogical problem solving. In L. Magnani & N. J. Nersessian (Eds.), *Model-based reasoning. Science, technology, values.* (pp. 167 - 189). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Press.

Dawkins, R. (1996). *Climbing mount improbable.* New York: W. W. Norton.

DeLoache, J. S. (2004). Becoming symbolminded. *Trends in Cognitive Sciences*, 8 (2), 66 - 70.

DeLoache, J. S., Pierroutsakos, S. L., & Uttal, D. H. (2003). The origins of pictoral competence. *Current Directions in Psychological Science*, 12 (4), 114 - 118.

diSessa, A. A. (2004). Metarepresentation: Native competence and targets for instruction. *Cognition and Instruction*, 22, 293 - 331.

Doerr, H. M, & English, L. (2003). A modeling perspective on students' mathematical reasoning about data. *Journal for Research in Mathematics Education*, 34 (2), 110 - 136.

Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science.* Buckingham, England: Open University Press.

Dunbar, K. (1993). Scientific reasoning strategies for concept discovery in a complex domain. *Cognitive Science*, 17 (3), 397 - 434.

Dunbar, K. (1998). How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories. In R. J. Sternberg & J. F. Davidson (Eds.), *The nature of insight* (pp. 265 - 395). Cambridge, MA: MIT Press.

Galison, P., & Stump, D. (1995). *The disunity of science. Boundaries, context, and power.* Stanford, CA: Stanford University Press.

Gentner, D., & Gentner, D. R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. In D., Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 99 - 129). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Gentner, D., & Toupin, C. (1986). Systematicity and surface similarity in the development of analogy. *Cognitive Science*, 10, 277 - 300.

Giere, R. N. (1988). *Explaining science: A cognitive approach.* Chicago: University of Chicago Press.

Gooding, D. (1989). "Magnetic curves" and the magnetic field: Experimentation and representation in the history of a theory. In D. Gooding, T. Pinch, & S. Schaffer (Eds.), *The uses of experiment. Studies on the natural sciences.* (pp. 183 - 223). Cambridge: Cambridge University Press.

Gooding, D. (1990). *Experiment and the making of meaning.* London: Kluwer Academic Publishers.

Greeno, J. G., & Hall, R. (1997) Practicing representation: Learning with and about representational forms. *Phi Delta Kappan* (January), 361 - 367.

385

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 799-822.

Hesse, M. B. (1965). *Forces and fields*. Totowa, NJ: Littlefield, Adams & Co.

Hestenes, D. (1992). Modeling games in the Newtonian world. American *Journal of Physics*, 60 (8), 732-748.

Jungck, J. R., & Calley, J. (1985). Strategic simulations and post-Socratic pedagogy: Constructing computer software to develop long-term inference through experimental inquiry. *American Biology Teacher*, 47, 11-15.

Karmiloff-Smith, A. (1979). Micro-and macrodevelopmental changes in language acquisition and other representational systems. *Cognitive Science*, 3, 91-118.

Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science*. Cambridge, MA: MIT Press.

Kline, M. (1980). *Mathematics: The loss of certainty*. Oxford: Oxford University Press.

Latour, B. (1990). Drawing things together. In M. Lynch & S. Woolgar (Eds.), *Representation in scientific practice* (pp. 19-68). Cambridge, MA: MIT Press.

Latour, B. (1993). *We have never been modern*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Latour, B. (1999). *Pandora's hope: Essays on the reality of science studies*. London: Cambridge University Press.

Lehrer, R., Carpenter, S., Schauble, L., & Putz, A. (2000). Designing classrooms that support inquiry. In J. Minstrell & E. V. Zee (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (pp. 80-99). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

Lehrer, R., & Lesh, R. (2003). Mathematical learning. In W. Reynolds & G. Miller (Eds.), *Handbook of psychology: Vol. 7, Educational psychology* (pp. 357-391). New York: John Wiley.

Lehrer, R., & Pritchard, C. (2002). Symbolizing space into being. In K. Gravemeijer, R. Lehrer, B. van Oers, & L. Verschaffel (Eds.), *Symbolization, modeling and tool use in mathematics education*. (pp. 59-86). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Press.

Lehrer, R., & Schauble, L. (2000). Modeling in mathematics and science. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology: Educational design and cognitive science. Vol.* 5 (pp. 101-159). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Lehrer, R., & Schauble, L. (2004, April). *Modeling aquatic systems: Contexts and practices for supporting inquiry, agency and epistemology*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA.

Lehrer, R., & Schauble, L. (2005). Developing modeling and argument in the elementary grades. In T. Romberg & T. P. Carpenter (Eds.), *Understanding mathematics and science matters*. (pp. 29-53). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Lehrer, R., Schauble, L., Carpenter, S., & Penner, D. E. (2000). The inter-related development of inscriptions and conceptual understanding. In P. Cobb, E. Yackel, & K. McClain

(Eds.), *Symbolizing and communicating in mathematics classrooms: Perspectives on discourse, tools, and instructional design* (pp. 325 - 360). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Lesh, R., & Doerr, H. (2003). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In R. Lesh & H. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modelingperspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching.* (pp. 3 - 33). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., & Post, T. (2000). Principles for developing thought revealing activities for students and teachers. In A. Kelly & R. Lesh (Eds.). *The handbook of research design in mathematics and science education.* (pp. 591 - 646). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Leslie, A. M. (1987). Pretense and representation: The origins of "theory of mind." *Psychological Review*, 94 (4), 412 - 426.

Lucas, D., Broderick, N., Lehrer, R., & Bohanan, R. (2005, November). Making the grounds of scientific inquiry visible in the classroom. *Science Scope.* Available at http://www.nsta.org/middleschool, accessed November 23, 2005.

Lynch, M. (1990). The externalized retina: Selection and mathematization in the visual documentation of objects in the life sciences. In M. Lynch & S. Woolgar (Eds.), *Representation in scientific practice* (pp. 153 - 186). Cambridge, MA: The MIT Press.

Mead, G. H. (1910). Social consciousness and the consciousness of meaning. *Psychological Bulletin*, 7, 397 - 405.

Metcalf, S. J., Krajcik, J., & Soloway, E. (2000). Model-It: A design retrospective. In M. Jacobson & R. B. Kozma, (Eds.), *Innovations in science and mathematics education: Advanced designs for technologies of learning.* (pp. 77 - 116). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Metz, K. E. (2004). Children's understanding of scientific inquiry: Their conceptualization of uncertainty in investigations of their own design. *Cognition and Instruction*, 22 (2), 219 - 290.

Nersessian, N. J. (2002). The cognitive basis of model-based reasoning in science. In P. Carruthers, S. Stich, & M. Siegal (Eds.), *The cognitive basis of science.* (pp. 133 - 155). Cambridge: Cambridge University Press.

Nersessian, N. J., Kurz-Milcke, E., Newsletter, W. C., & Davies, J. (2003). Research laboratories as evolving distributed cognitive systems. In R. Alterman & D. Kirsh (Eds.), *Proceedings of the Twenty-Fifth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 857 - 862). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Olson, D. R. (1994). *The world on paper: The conceptual and cognitive implications of writing and reading.* New York: Cambridge University Press.

Penner, D. E. (2000). Explaining systems: Investigating middle school students' understanding of emergent phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 784 - 806.

Penner, D. E., Giles, N. D., Lehrer, R., & Schauble, L. (1997). Building functional models: Designing an elbow. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (2), 125 - 143.

386

Penner, D. E., Lehrer, R., & Schauble, L. (1998). From physical models to biomechanics: A design-based modeling approach. *Journal of the Learning Sciences*, 7 (3 & 4), 429 - 449.

Petrosino, A. J., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Structuring error and experimental variation as distribution in the fourth grade. *Mathematical Thinking and Learning*, 5 (2&3), 131 - 156.

Pickering, A. (1995). *The mangle of practice: Time, agency, and science.* Chicago: University of Chicago Press.

Resnick, M. (1994). *Turtles, termites, and traffic jams: Explorations in massively parallel microworlds.* Cambridge, MA: MIT Press.

Resnick, M. (1996). Beyond the centralized mindset. *The Journal for the Learning Sciences*, 5, 1 - 22.

Resnick, M., & Wilensky, U. (1998). Diving into complexity: developing probabilistic decentralized thinking through role-playing activities. *The Journal of the Learning Sciences*, 7, 153 - 172.

Schwartz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23, 165 - 205.

Shapin, S., & Schaffer, S. (1985). *Leviathan and the air pump.* Princeton: Princeton University Press.

Stenning, K., Greeno, J. G., Hall, R., Sommerfield, M., & Wiebe, M. (2002). Coordinating mathematical with biological multiplication: Conceptual learning as the development of heterogeneous reasoning systems. In P. Brna, M. Baker, K. Stenning, & A. Tiberghien (Ed.), *The role of communication in learning to model.* (pp. 3 - 48). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Stewart, I., & Golubitsky, M. (1992). *Fearful symmetry: Is God a geometer?* London: Penguin Books.

Stewart, J. Hafner, R., Johnson, S., & Finkel, E. (1992). Science as model building: Computers and high-school genetics. *Educational Psychologist*, 27, 317 - 336.

Stewart, S., Passmore, C., Cartier, J., Rudolph, J., & Donovan, S. (2005). Modeling for understanding in science education. In T. Romberg, T. Carpenter, and F. Dremock, (Eds.), *Understanding mathematics and science matters* (pp. 159 - 184). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

387 Troseth, G. L. (2003). Getting a clear picture: Young children's understanding of a televised image. *Developmental Science*, 6 (3), 247 - 253.

Troseth, G. L., & DeLoache, J. S. (1998). The medium can obscure the message: Young children's understanding of video. *Child Development*, 69, 950 - 965.

Troseth, G. L., Pierroutsakos, S. L., & DeLoache, J. S. (2004). From the innocent to the intelligent eye: The early development of pictoral competence. In R. Kail (Ed.), *Advances in child development and behavior*, *Vol.* 32 (pp. 1 - 35). New York: Academic Press.

White, B., & Frederiksen, J. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, 16, 3 - 118.

Wilensky, U. (1996). Modeling rugby: Kick first, generalize later? *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1, 125 – 131.

Wilensky, U., & Resnick, M. (1999). Thinking in levels: A dynamic systems approach to making sense of the world. *Journal of Science Education and Technology*, 8 (1): 3 – 19.

Wilensky, U., & Stroup, W. (1999). Learning through participatory simulations: Network-based design for systems learning in classrooms. *Computer Supported Collaborative Learning Conference*, Stanford University, California.

第23章

389

通过建构和协作探究数学问题

理查德·诺斯，塞利尔·霍伊尔斯

引言

所有学习环境的设计都是建立在关于应当学习什么样的知识的一系列假设基础之上的。比如，大多数数学课堂是用来教授某些特定类型的数学知识，包括快速解决孤立问题的步骤，但这其实忽视了建构理解以及识别潜在的数学模型的重要性（Lehrer & Schauble，本书）。这种数学教学方法会带来这样的结果：学生常常不注重连贯性和精确性，也不重视冲突的策略和解决冲突的办法，以至于不能从中学到太多东西。

基于研究过的多种学习情境，我们发现，大多数人掌握知识的关键是识别了知识潜在的模式（underlying modles）。强调框架结构的数学学科体系同样具有帮助学生理解计算系统（computational systems）的潜力，而计算系统在当今社会越来越重要，因为计算机系统是数学模型——计算机软件是由变量及其关系建构的。技术发展得越高深，其潜在的基本模型就越隐晦，而孩子们学习识别模型的能力也变得越重要：如何去建立、修正和评价它们的能力，以及如何分析性地理解输入与输出的关系。

本章介绍了我们为此而设计的两个学习环境。每个环境都建立在两个原理的基础之上。第一，**建构主义**：我们应该把学习者放在学习环境中，他们可以建构和修改他们自己的模型（Kafai，本书；Lehrer & Schauble，本书）。第二，**协作**：如果我们关心的是学生从特定的数学观点出发理解了模型的重要性，那么学习环境应该促进学生对数学模型的讨论和反思。

390 建构主义设计和媒介工具

建构主义认为，学生是通过在共同体中建构个人的人工制品并共享它们来进

行学习的（Harel & Papert，1991）。因此，建构主义者的重要观点是，学习者是同时建构事物和观点的，并且建构过程需要工具，所以这一范式关注工具和工具集（toolset）的设计（diSessa，1997，关于开放工具的讨论）。

当计算机工具成为学习环境的必需部分时，由这些工具所建模的数学知识，以及学生对于这些知识的理解，都会在学习的过程中发生变化。这些工具使学习者知道自己能做什么，该怎样思考，会学到什么，以及什么是可能的或是不可能的。相反，学习者也会不断地塑造这些工具：随着使用目的的不断发展，学习者会从物理上（或者虚拟地）对这些计算机工具进行改编和建模；从概念上说，学习者采用软件设计者无法预料到的方式去使用计算机工具。通常我们这样解释这种互动关系：学习者创建了与学习环境中的符号工具相对的**"情境化抽象"**（situated abstractions）。情境化抽象是在工具、活动和情境中被解释并创造的（Noss & Hoyles，1996；这种关系也被称为一种"工具性起源"，Verillon & Rabardel，1995；Artigue，2002）。

这种辩证关系提供了一个很有用的方法，即把工具看作学习者和模拟环境之间的中介。当工具用于数学课堂时，这些工具常常被假定为无形和透明的，即学习者和数学知识间有一个直接的感知交互。但事实并非如此，例如，使用简单的图形工具来说明变量间的线性关系时，老师会通过改变直线的斜率来说明变化的数学关系。虽然学生可以简单地解释旋转的直线，但是他们的解释主要集中于表面看到的变化，并不能解释它所形成的潜在关系。比如巴拉切夫（Balacheff，1993）认为，当讨论"计算转换"这个概念时，计算机工具会引进一个新的知识模型，这些知识同机器功能和软件界面有关：输入计算机系统后的知识不再是原来的知识。我们要认识到，认知工具作为社会交互的中介是很重要的，而通过社会交互的中介可以建构共享的观点。这表明，我们不仅要分析工具是如何影响学习者并被学习者影响的，而且要分析这些工具如何协调协作学习环境的创建及学习共同体协同建构知识的过程。

以上理论引导我们研究在什么样的环境下，协作学习可以促进数学学习，以及在建构主义范式下如何设计这一环境。下面我们介绍两个学习环境，每个学习环境中我们都设计了学生与模型互动的方法，鼓励学生集中于现象的内在结构而不仅仅是表面特征。

协作

现在大家广泛认同的说法是：意识到参与共同体活动重要性的学习者在学习过程中获益更多（Lave & Wenger，1991）。借助科学界知识产生方式的研究，我们对共同体如何运作的理解已经有了重要进展。这些研究表明，观点的发布（publishing）、评论（critiquing）、交流（exchanging）和争论（debating）等对推

动科学进展的贡献甚至超过了个人与小组的贡献（Latour，1987；Roschelle，1996）。在教育领域内，已经作过一些基于这种智力实践共同体去变革学校教育的尝试（例如，Brown & Campione，1990；Scardamalia & Bereiter，1991）。

391

许多学习科学家认为，计算机可以通过特别设计的网络环境来支持协作讨论（Stahl，Koschmann & Suthers，本书；Scardamalia & Bereiter，本书）。有一种观点认为，当学生像研究者一样行动的时候，他们的学习效果最好。这些行动包括：开展调查、创建与寻找外部证据、用自己的理论来解释结果、为自己形成的理论辩护等。知识论坛就是一个著名的例子。在知识论坛里，借助脚手架可以促使学生进行科学预测和反思，这些脚手架可以鼓励他们表达自己的意见，汇报已经学到的东西，或者促使学生之间的探讨（Scardamalia & Bereiter，本书）。

然而，也有证据表明，在线协作知识建构在大多数情况下没有斯卡达马利亚和巴雷特想象得那么理想，因为远程交流需要足够长的时间才可以产生有意义的学习（Stahl，2001，p. 179）。我们认为，这可能来源于任何课堂协作过程都会出现的两种矛盾：个体学习者的学习目标和小组学习目标之间的矛盾（Hoyles，Healy & Pozzi，1992）；学校"快速完成工作任务"的倾向（用常规课堂教学方法教授数学）和真正的协作学习需要的持续互动之间的矛盾。在建构后面介绍的两种协作学习环境时，我们关注的是"以模型表示数学"，为达到这一目标，我们在设计学习活动时强调（与传统方法）求同存异，同时关注作为知识传递中介的工具，以及交互和会话。通过这些交互和会话，共享正在发展的数学知识。

游乐场项目

首先介绍一个名为"游乐场项目"的协作与建构主义者学习环境，在"游乐场项目"中，我们的总体设计目标是建立一个计算机环境。在这个环境中，把电脑游戏程序的规则（即游戏的潜在模型）形式化并作为学习过程的创造性工具，孩子们就能够建构、修改和共享电脑游戏程序。来自欧洲几个国家不同地方的孩子，积极参与了游戏设计和建构，在游戏中，他们可以一起玩，一起修改和重新建构游戏模版。游乐场程序提供了一个虚拟环境，孩子们可以通过编程、创建与执行规则来完成下面一些事情：我们设想孩子们沉浸于可用程序控制的具体的、可视化的事件环境里（例如，当球击到球拍时会发出声响），可以提高他们表达复杂关系和建构模型的能力。必须要在孩子们对游戏作出任何可见行为前明确地表达并建构好这些规则；因此，计算机环境通过将数学知识转换成反思与讨论的对象，是有助于基于模型的学习的。

我们选的孩子都是6—8岁，大多来自非正式的校外环境。其中很多孩子仅有阅读和写作的基本能力，让他们通过计算机文本来交流并不是一个很好的选

择。因此，我们设计并建立了两个游乐场，这两个游乐场是建立在视觉设计基础之上的：第一个是 Toontalk（Kahn，1996）游乐场，第二个是 Imagine 游乐场（LOGO 的一个强化版：Kalas & Blaho，2000）。

Toontalk 游乐场

Toontalk 是一种基于约束的并行程序语言，它里面的卡通角色的动作就是这种语言的源代码。在编写这个项目程序时，Toontalk 编程员不需要采用文本形式的编程，而是通过直接操作工具作为输入，指挥里面的动画机器人操作，以此来训练它（有关编程的样例，见 Cypher，1993）。然而，最初机器人只能被迫去工作，当输入内容与它们的训练内容严格匹配时，它们才能够简单地处理一些变量（见图 23.1 和 23.2）。关于 Toontalk 原理的详细内容和相关的基本原理与例子，见网站 www. toontalk. com（访问日期：2005 年 7 月 31 日）。

392

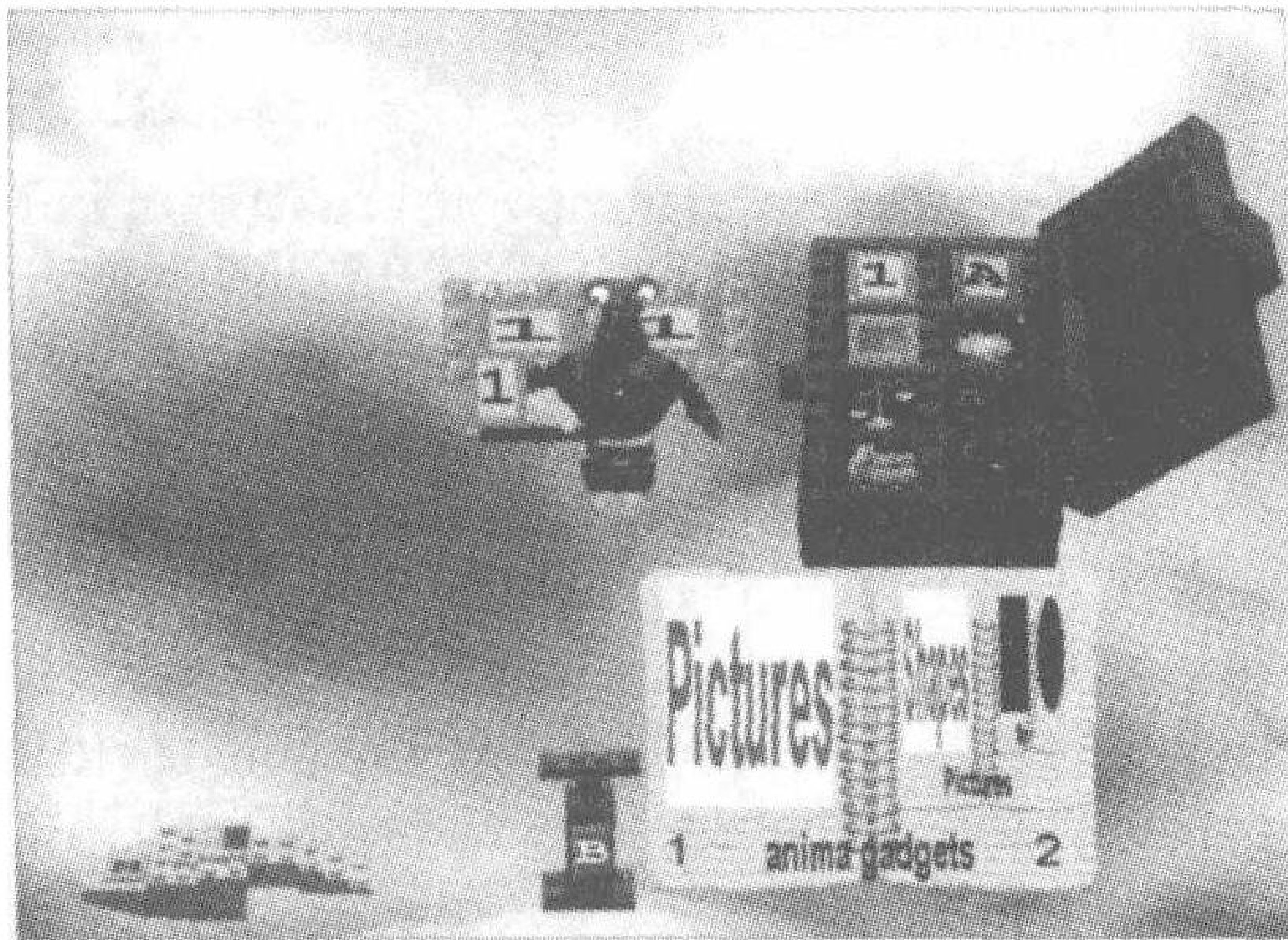


图 23.1　训练机器人向另一个数字中添加数字

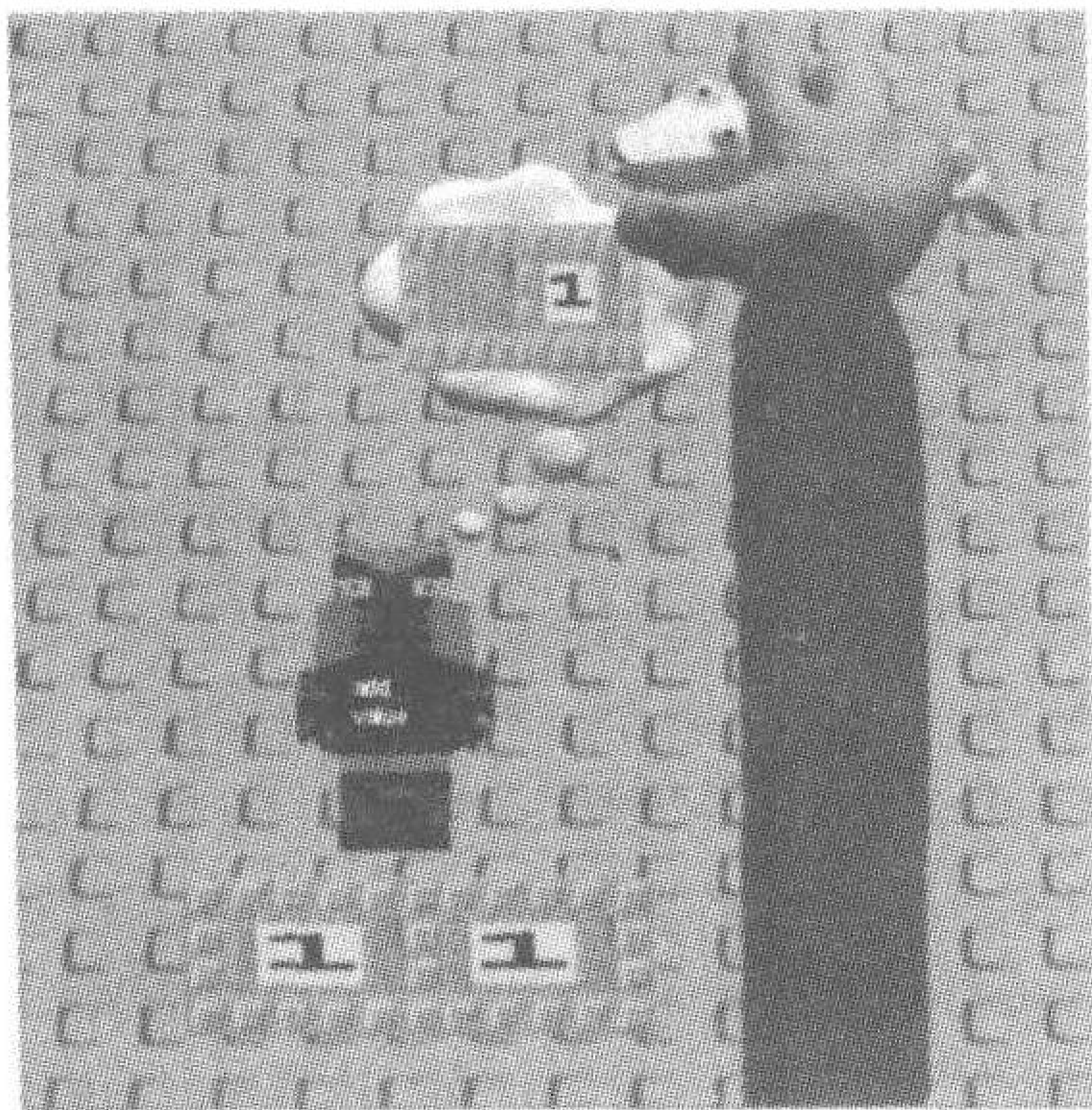


图 23.2　从上图开始，规定不能以擦除机器人的“思想泡泡”的方式移除最初的数字，这样机器人的选择性更少：现在它将会添加任何数字，并且确定地继续这样做。

尽管孩子们可以通过拖拉组件去设计任何想要的程序，但是我们还是提供了一套程序集（也称为“行为”），即预先编制的能完成特定任务的程序，用以支持孩子们对游戏的建构。行为是机器人的预设操作集合（即程序），可用于它所支持的任务中，如果学习者喜欢，还可以对其加以修改，或是通过组合编制其他程序。其设计原理是双重的：行为应该同时具有**可见性**和**功能性**，这样孩子们就比较容易理解要做什么以及怎么做。

屏幕上每一个物体的动作（通常是一张图片，如一艘太空船）都是通过相关行为来实现的（将行为的图标拖至机器人上，就表示为其添加这一行为）。图23.3表明了一个对应四种行为的物体的背面。每种行为分别可使物体向左、右、上、下移动，例如，机器人的向左移动的行为条件是“按下向左的那个键”，如果这个条件满足了，机器人就会把图片向左移动。行为可以直接阻止物体去执行一个功能（例如阻止物体向上移动）；也可以复制，这样两个物体可以在相同的情况下做同样的事情；并且我们可以重复编辑已具有行为功能的那些机器人。

393

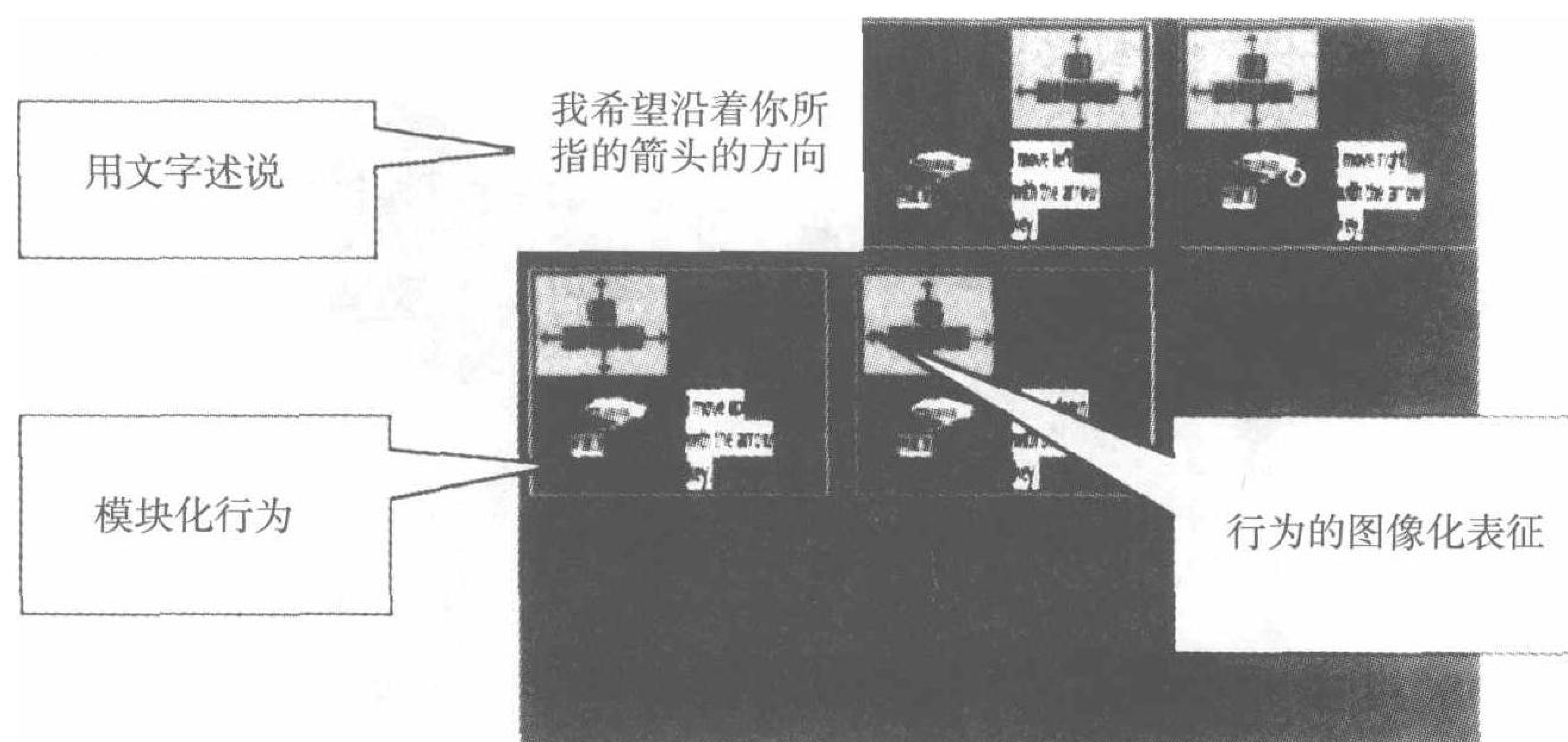


图23.3 对象背后的四种行为表明了它们功能上的多模式表征

游乐场设计小组创建了一个小的游戏集合，包括一个Pong游戏和一个简单的探险游戏。这样，孩子们就可以先玩这些游戏，然后在原来游戏的基础上进行分析或者修改，而不是从零开始建构游戏（学生作品见Hoyles，Noss，Noss，& Adamson，2002）。

Imagine 游乐场

游乐场的第二个版本是建立在一个叫作**路径**(Pathways）目基于图标的环境中。孩子们使用图标规则集合代替机器人和思想泡泡来定义物体的行为，打开与物体对应的文件夹就可以看到图标规则。每条规则被视为一个可视的“句子”

或者图标串，包括条件以及条件成立时的一系列执行结果。表示条件与动作的图标被称为“石块”，它是构成这些规则的小而具体的概念（见图 23.4）。表示行为的石块左边突起，右边凹陷，因此可以彼此衔接。所有对象都可以匹配任意数目的规则，只要条件符合，可以同时执行这些规则。例如，图 23.5 列举了“怪兽”的 3 个规则。路径提供了 13 个条件和 25 个动作，还有大量的对象参数（例如速度和方向），这些可以通过滑块或其他操作工具来设置。路径还包括预设的物体、背景，在最终版本中，用户还可以用一个手机图标相互传送信息。物体对象可以被编辑（例如改变颜色和大小）、复制、删除和粘贴。

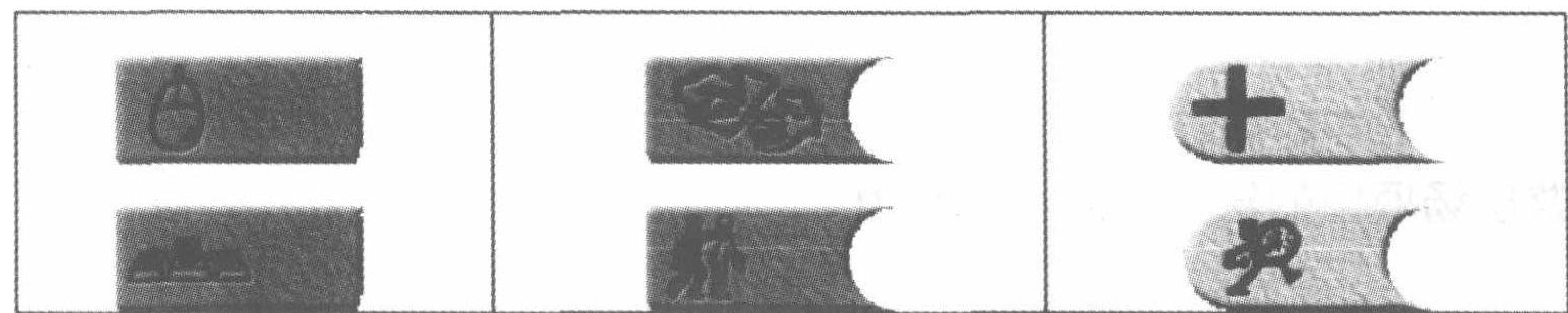


图 23.4　三种石头，每种有两个例子。从左到右依次是：控制石头：我受鼠标控制；我受方向箭头控制。条件石头：当我接收到信息；当我触碰物体；行动石头：我增加我的速度（或方向或大小）；我发出声音。

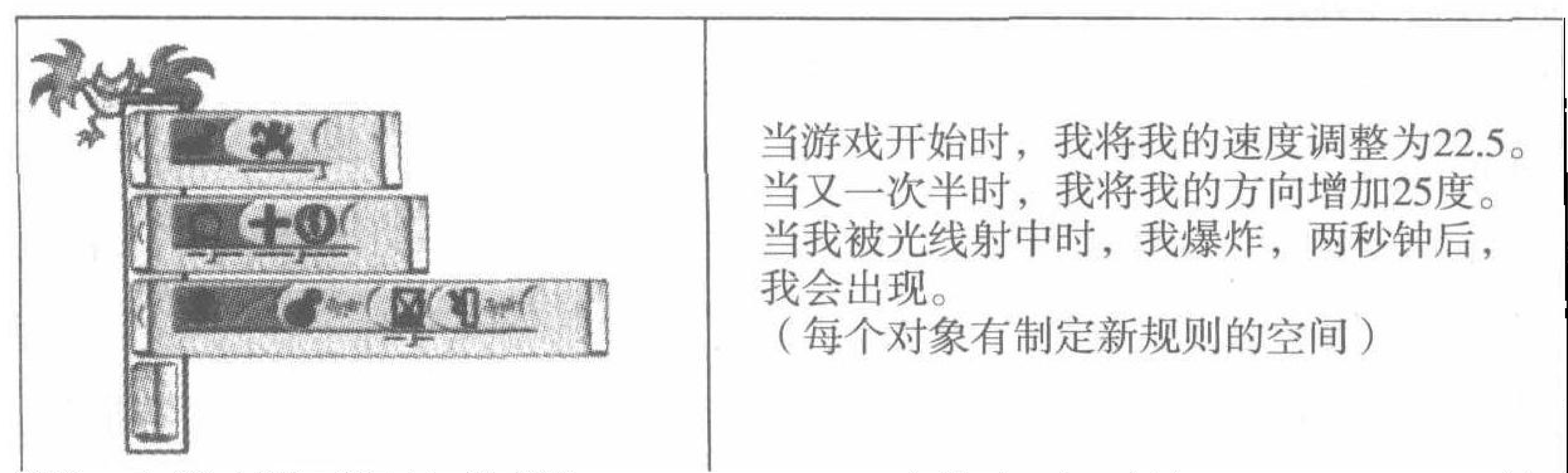


图 23.5　石头合并成规则的怪物

虽然 Imagine 和 Toontalk 的工作程序已经被工具清晰地塑造好了，但其设计原理是一样的。和 Toontalk 一样，我们在 Imagine 中提供了一系列预设游戏供用户引用与修改。图 23.6 显示了其中一个视频游戏：一个太空船，一些太空怪兽，一对分数显示器（顶端角落处），在屏幕的底部还有一些控制集合。每个对象都有自己的图标规则集合；实际上，图 23.5 中的“怪兽”规则是从太空船游戏中借鉴的，当然，游戏中的任何部分都可以被修改或循环使用。学生的游戏作品样例可以在戈尔茨坦等人（Goldstein et al.，2001）的文献中找到。

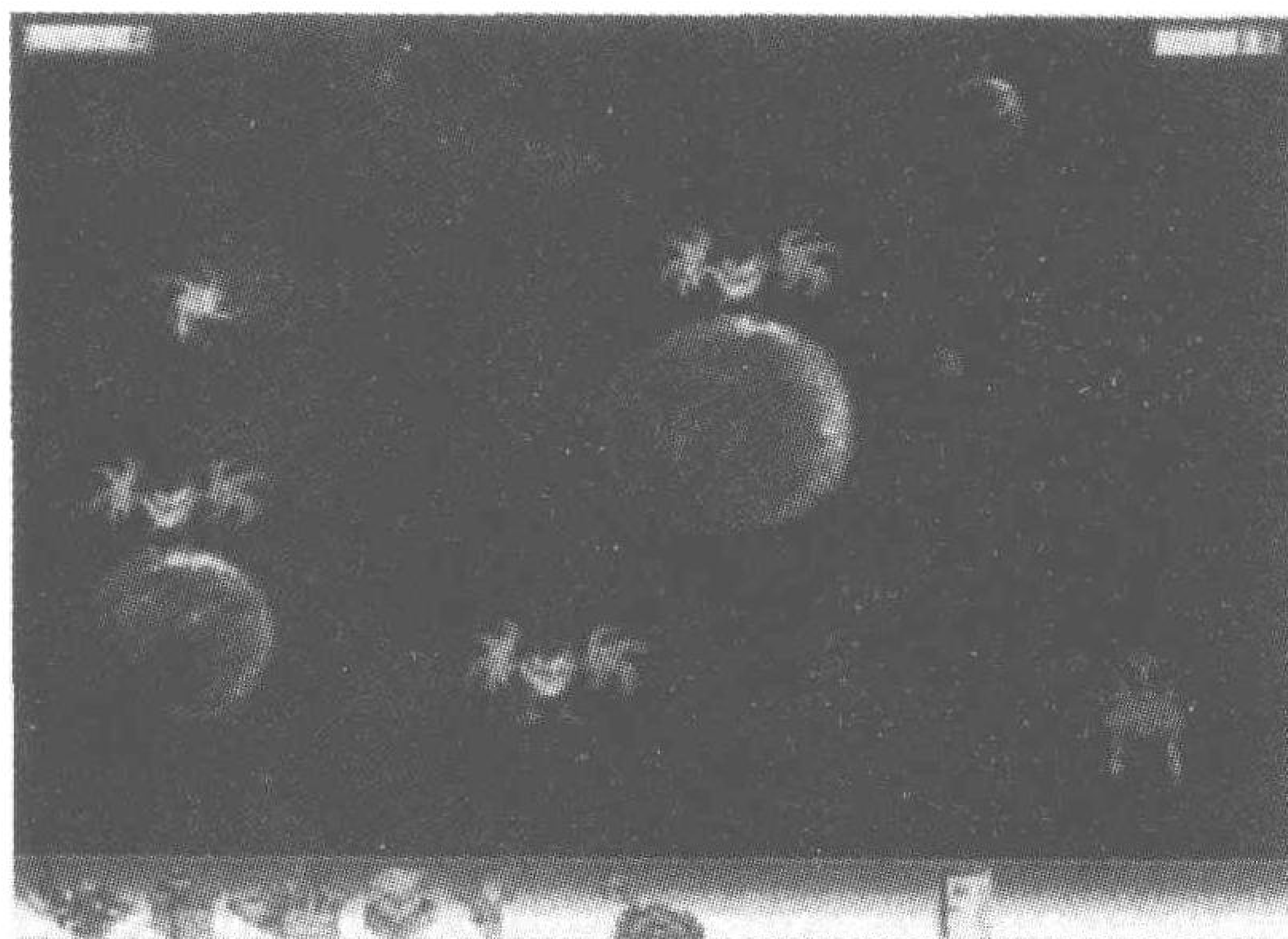


图 23.6　一个空间游戏

394　游乐场项目的结果：总结与反思

这部分我们将总结游乐场项目的主要成果并指出研究中面临的一些挑战。

数学作为模型

游乐场项目表明，即使是在不以数学和科学学习为目标并且没有教学指导的课外环境中，年幼的孩子也可以学习有关模型的知识。通过设计游戏，孩子们了解了模型的一些特征：例如，他们开始意识到，同一个模型规则可以用于不同的“表层”特征（比如，尽管图片、声音或对象的位置有所改变，但是游戏在根本上还是相同的）。我们注意到孩子们构建模型的不同水平：孩子们修改一些参数并观察由此产生的可视化结果；或者改变行为或图标规则的一部分来实现一个新的效果。我们还发现一些孩子可以建构对这个年龄段孩子来说相当高深的数学发现（别忘了最大的孩子才 8 岁），例如，二维空间的行为可以被分解为水平和垂直两个部分（参见：Noss，2001）。确实，分解的想法（一个物体的行为是多个潜在行为集合的思想）是孩子们设计游戏时采用的最理想的建模思想之一。

然而，也有一些不好的结果。第一，虽然孩子们可以准确地编一个规则，但他们可能没办法准确地用口头或语言文字把此规则表达出来。例如，他们通常会演示机器人是怎样控制一个物体的，却不会描述这一过程。第二，孩子们并非总能预见规则的结果，特别是当这些规则超越他们对游戏的想象时。我们不能因此断定，孩子们的口头表达与书面表达已经完全融合了游乐场提供的所有表达手段。第三，尽管孩子们能熟练地引用并修改他人制作的游戏，并在自己的游戏中重复使用与修改这些行为与图标规则，但却很少有孩子能不借助外界帮助，自己从头建构游戏。第四，我们希望孩子们多关注归纳总结行为或者修改图标规则，但孩子们往往对物体的表面特征更有兴趣，比如背景颜色、对象的形状等。

让孩子们参与到工具使用过程中

我们已经阐述了工具和概念是如何在辩证关系中发展的。这一“工具—概念”过程的其中一个方向是**工具使用**的过程（instrumentation process），这也是前文提到的工具性起源的一部分。

395

在数字工具被引入数学课堂之后，工具使用的过程对学生的数学和技术能力提出了要求。这意味着，我们在把学生的知识与数学课程加以联系的道路上又前进了一步，而这些知识是学生在与新符号工具、相关表示语言的交互过程中获得的（该观点的详细介绍，参见：Hoyles，Noss，& Kent，2004）。

我们注意到，孩子们需要一定的时间来识别游戏中潜在的模型，也需要时间与帮助才可以同时衔接和融合工具使用过程的几个方面：第一，行为或图标规则是如何工作的，即它们的句法需求；第二，孩子们开始掌握这个句法来建构和修改作为游戏设计基础的模型；第三，为了理解别人为他们的游戏所建构的模型，孩子们需要先读懂这些新句法；第四，对计算机科学中比较复杂的概念形成一些印象，例如面向对象的并行程序设计。然而，我们发现创建和修改游戏所需的时间和精力看起来并不是问题：几乎所有的孩子都高度投入到项目中，并且在整个过程中乐于反复地进行，也没有严重的分心现象。我们同样注意到，孩子们是怎样逐渐将自己的期望融合到工具中，而有时他们竟能以新奇甚至意想不到的方式使用工具。

提高游戏规则的可视性

在对孩子们的早期采访中，我们让他们介绍自己喜欢的游戏规则，可以是计算机游戏、传统场地游戏或是棋盘游戏。最初，孩子们大多介绍的是限制性规则（如“你不能撞其他小孩”），而不是隐含的产生式规则或结构性规则（“你必须拿起这个物体才能进入这个门”）。当孩子们对游乐场很熟悉时，这一现象有了改变。借助模型与规则的可视化，孩子们在这一环境中开始考虑复杂的规则系统，以及潜在的看不见的模型如何产生可视化的行为。

找到正确的操作范围

在游乐场中，孩子们不仅可以通过选择游乐场共同体集体制作的不同物体、行为或图标规则来创建或修改游戏，也可以将其分解、并以不同方式组合。在此观察基础上，我们认为已经在合适的操作范围内构建了一个可操作的用户界面（适当的复杂度和功能性）。我们逐一对每个游乐场进行设计，以便孩子们可以在三个不同的操作范围上加以修改，并进行相应的动作与游戏设置。这三个操作范围由外到内包括：

- **游戏的操作范围**（grant size）：这里改变的是游戏的表面特征（例如颜

色、声音、背景）而不是潜在的模型。我们发现这些表面特征很容易修改，但这些修改对游戏情节没有显著的影响（Littleton & Hoyles，2002）。

396

- **行为或“图标规则”的操作范围**：替换、添加或去除一些行为或模块，或是对对象进行一些简单的修改，例如改变一些参数。
- **模型的操作范围**：在这里，可以从零开始建构规则或者编辑程序。（仅仅在 Toontalk 中是这样，在 Pathways 系统中，孩子们没有权限访问底层规则）。

孩子们基本上徘徊在游戏或者行为层面，他们只是在保持游戏潜在模型本质的基础上，通过一些小的改变来产生一系列不同的结果：例如，他们会更换碰撞时发出的声音，或者是动画中的图片序列。

在游戏者规则和模型规则之间进行活动

我们注意到，孩子们在一起建构游戏时采用了两种规则：

> **游戏者规则**——这些规则（可能是隐性的）是游戏者约定俗成的，他们认为这些规则即使从游戏情节的考虑出发，也不能被超越。但是在计算机中，这些规则没有任何意义。
>
> **模型规则**——编写规则（行为或模型层面上）用以限制游戏中物体的状态、动作以及它们之间的关系（例如，如果球拍碰到球就加 1 分）。

在第一次设计游戏时，孩子们常会设计一些特别复杂的规则，但当其复杂性超越他们的编程能力时，他们便约定要遵守这些规则，我们称其为“游戏者规则”，游戏者规则对应于明确编制在游戏中的“模型规则”。我们渐渐发现孩子们是如何协调这两种规则的：他们想让猫在喝牛奶时叫，他们会意识到需要编程才能实现。为了实现这个规则，他们必须参与到工具的使用过程中：什么可以等同于“喝牛奶”这个行为呢？大多数孩子把它定义为“触摸牛奶”这个行为，更重要的是软件提供了一个触碰“感觉”工具可以探知两个物体接触，这样规则就编程为**当猫触摸到牛奶时它就叫**。

在线协作的开发趋向正规化

我们观察到，孩子们在网络共享游戏时，是如何通过在游戏中添加一些复杂而创新的元素来使自己的游戏比异地伙伴的更具挑战性。他们倾向于采用一些简单的操作来完成游戏的修改，比如添加或删除一些行为、图标规则，复制对象及其功能，改变游戏的表面特征和发出的声音等。我们在几个案例（Hoyles & Noss，2004）中发现，当游戏角色功能太少或者没有功能时，游戏会显得令人困惑而且单调：游戏者不知道该做什么。在一个游戏中，假设让一条龙去守卫财产，在两个女孩的想象中，这条龙很凶猛，但是这条龙的图片看起来却十分温顺

（静态的）；在我们看来，她们有一个“龙是凶猛的”的游戏者规则，但这不是模型规则。在面对面的环境中，借助对游戏者规则与模型规则的共识，这两个女孩能形成对游戏情节的统一认识。她们把这个游戏发送给另一个城市的两个男孩，由于缺乏这些隐含在模型中的潜在规则，这两个男孩无法理解女孩们为这个游戏赋予的丰富内容：对游戏者规则的缺乏使得他们不可能理解游戏的设计意图，通过网络共享游戏可以促使孩子们形成规则，并帮助他们解释这些规则如何使游戏按设计意图运行。

冲突的规则

在本章前言中，我们已述及在数学课堂教室里，孩子们并不排斥冲突的证据乃至冲突的解决方法，因为他们通常并不期待它们总是一致的。在游乐场中，孩子们常常在单个物体上附加多个行为或模块规则。我们研究了几个案例，其中的两个规则是冲突的；一个简单例子中有这样两个规则：“击中目标时，物体向左移动” 397 和“击中目标时，物体向右移动”。在另一个案例中（Noss et al.，2002），孩子们构造了一个“木箱”游戏，对此木箱实施两个行为，一个是“守卫”行为，可以砸碎碰到的物体，另一个是“跳跃”行为，可使木箱跳过障碍物，孩子们最初无法预料结果是什么。但游戏运行的结果出乎孩子们的意料，木箱没越过障碍物，而是引爆了障碍物。这说明游戏没有按设计意图执行，于是孩子们便需要像数学课堂中一样重新回到游戏设计，努力寻求解决的策略，而不是忽略那些冲突。

网上实验室

游乐场项目中我们没有足够的时间来设计协作功能，以支持不同地方的孩子可以协作设计游戏。尽管孩子们也共享了他们的游戏，但却只是一些关于潜在规则的简单对话。因为时间与资源的限制，我们无法建构异步交流和异地间小组的游戏评价。但我们确实意识到形成一个如何设计游戏和共享组件的氛围很重要，例如，用约定的方式标识物体，或者建立一个公共的文档系统，而现实中的跨地区活动中很少有这样的机会。因此，我们很难为不同地区的游戏设计者建立一个共同体，也很难开发一个合适的工具帮助孩子们远程地共同建构游戏，并就相关问题协同反思，例如，游戏的类型、规则的类型、遇到的问题及解决问题的不同方法等。

在一个名为**网上实验室**（WebLabs）的后续项目中，我们采用与游乐场项目类似的机制，但更多地关注对地域间持续协作的支持。我们尽力挖掘各种协作方式的潜力，比如将异步交流和评价作为游戏设计的一部分。同时我们也更直接地关注如何通过建模、协作和共享来学习数学。

我们着手开发一个系统，让 13—15 岁的学生能对自己想到的数学思想进行模型建构，并引导学生关注模型建构的过程性描述。这一目标面临四方面的挑战：

1. 设计一个系统，使学生能够在知识建构的过程中，通过扩展自己的数学模型来随时共享他们的部分理解。系统需要支持共同建模，并为共同体讨论知识建模发展提供描述语言。

2. 设计实践活动，使分布的建模小组可以参与到模型开发实践，以此来规划个体和小组间的互动。

3. 在环境内营造一套准则与规范，使本地和地区间的共同体关注证明模型正确性的证据——即在**数学推理**基础上建构模型。

4. 在孩子们使用工具的过程中，确保不同技术的复杂性的整合成为设计活动和评价学习过程与结果的一部分。

网上实验室包括来自6个不同国家的研究小组，关注的数学概念包括排列、极限和随机性。我们结合数学排列中的一个简单活动样例来介绍**网上实验室**。然后介绍应对设计挑战的两个技术产品：**透明模块**(transparent modules)和**网络报告**(Web Reports)。

398 网上实验室的活动序列

我们为每个知识领域建立了活动序列，和学生一起反复改进，并在不同国家的课程中进行测试，验证其可行性。各地的活动都依循相似的序列，并作为地区间互动的基础（如图23.7所示）。

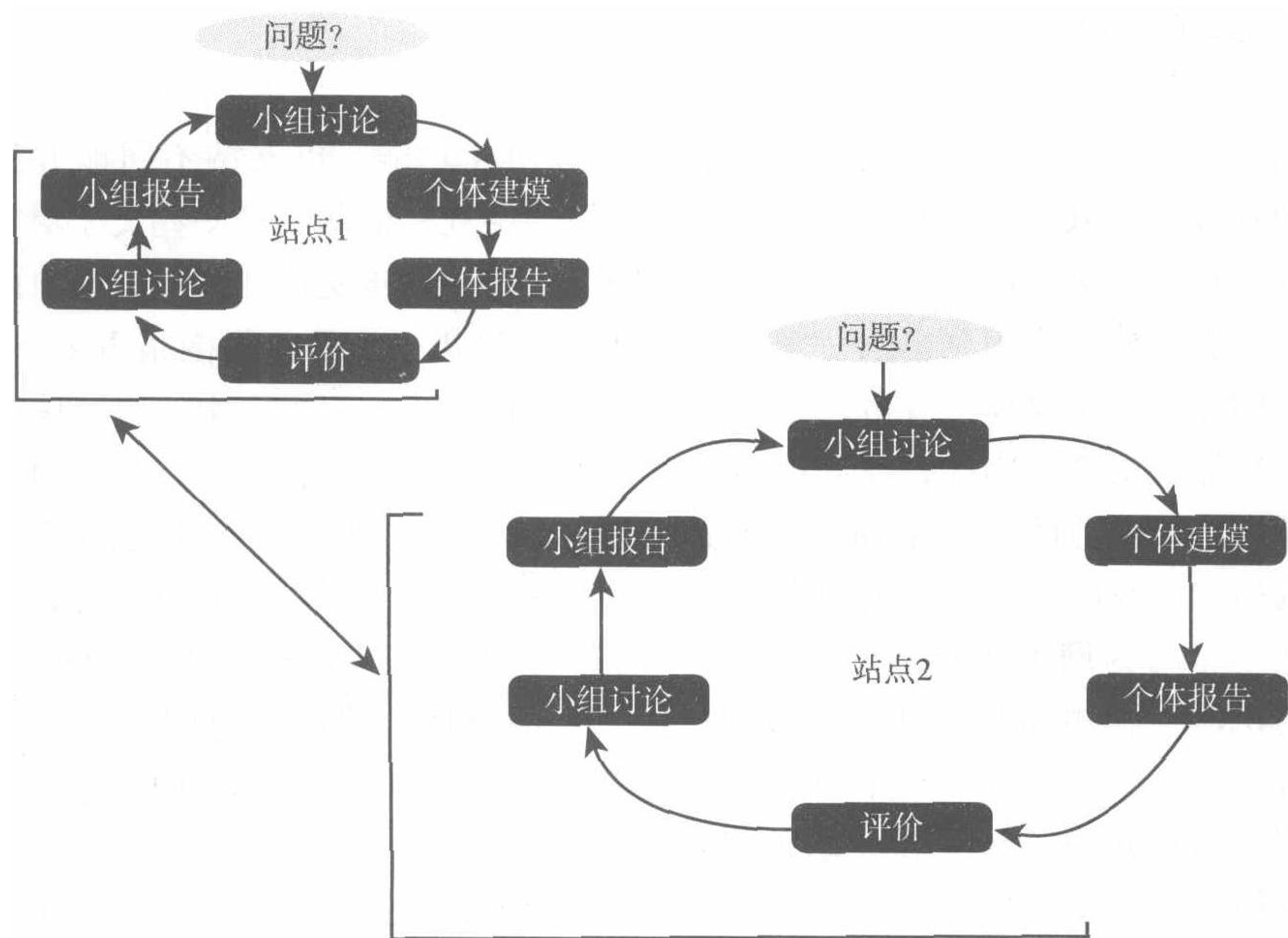


图23.7 站内与站点间的活动序列模型

教师（有时是研究者）在此过程中扮演了重要角色，在活动序列的不同阶段，要阐明并激励学习目的、协作目标和活动意图的达成。在动机激励阶段提出需要探究的问题后，会有一次课堂讨论，讨论结束后我们希望能了解个人知道了什么（后来发现这非常难）和小组整体知道了什么。接下来，学生使用 Toontalk 中的一套开放工具包来进行进一步的设计与建模，我们称此工具包为**"透明模块"**，并通过网络报告共享他们的模型及关于这个模型的所有反思意见。如图 23.7 中的模式图所示，模型建构和共享（包括个人网络报告的撰写与评论）是一个循环的过程。这个循环计划最终形成本地学生（在教师指导下）撰写的网络报告，其中包括所建构的模型及其描述和解释。

到这里为止，大部分活动发生在一个地方（教室、校外社区或者小组）；与此同时，其他地方的学生也在进行与此类似的活动序列。出于群体活动的需要，我们鼓励学生去阅读并评论另外一个地方学生的网络报告。随后，教师协调各个地区间有关模型的交流，并组织第二轮的组内网络报告或是跨地区小组共享的网络报告。

我们已经试验了多个活动序列，现在介绍一个学生参与这些序列的小案例，其主题是探索数学中的聚合与分散。排列 1，1/2，1/4，1/8，1/16……一直延续下去的规律是什么？1，1/2，1/3，1/4，1/5 这个排列也遵循相同的规则吗？如果我们选取部分连续项来求和，即 1，1 + 1/2，1 + 1/2 + 1/3，结果如何？这里有许多有趣的超越表层思维的数学思想，需要结构性的理解才能明白会发生了什么以及为什么会发生。直到现在，只有当学生为达到或接近大学阶段水平而去发展高级代数能力的时候，才会去学习这些问题。

学生首先对 Toontalk 机器人编程创建了一个简单的排列，然后又创建了相应的求和序列。这一活动的目标是让学生在一段时间内观察排列，并推测和讨论排列的各项和如何随排列里面的项的增加而改变。我们还为学生提供了一个 Excel 工具，它可以自动把 Toontalk 生成的数据导入到 Excel 工作表中，学生对 Excel 已经很熟悉了，这样他们就可以把生成的图表放到网络报告中以阐明观点。图 23.8 是这一过程的示意图，Toontalk 的数据通过一个工具包导入到 Excel 中并生成图表。这些活动会引导学生思考这类问题：这些排列持续进行下去会不会越来越小而接近于 0 呢？（在这个问题上存在很大的分歧！）1 + 1/2 + 1/3 + 1/4 + 1/5 + ……是一直持续下去还是存在一个"极限"呢（学生的话语）？在机器人运转上千次后（这很快就可以完成），我们发现大部分学生（正确地）认为这个排列会永久地持续下去。

学生重复这些活动来对排列 $1/2^n$ 求和，即 1，1 + 1/2，1 + 1/2 + 1/4，1 + 1/2 + 1/4 + 1/8，……他们的第一个反应就是这很像自然数倒数求和的问题。在进一步的观察中，一个学生认为"它们的和不会超过 2，因为你加上去的数变小得**很快**"（见图 23.8）：这就是集体讨论中的一个好点子。

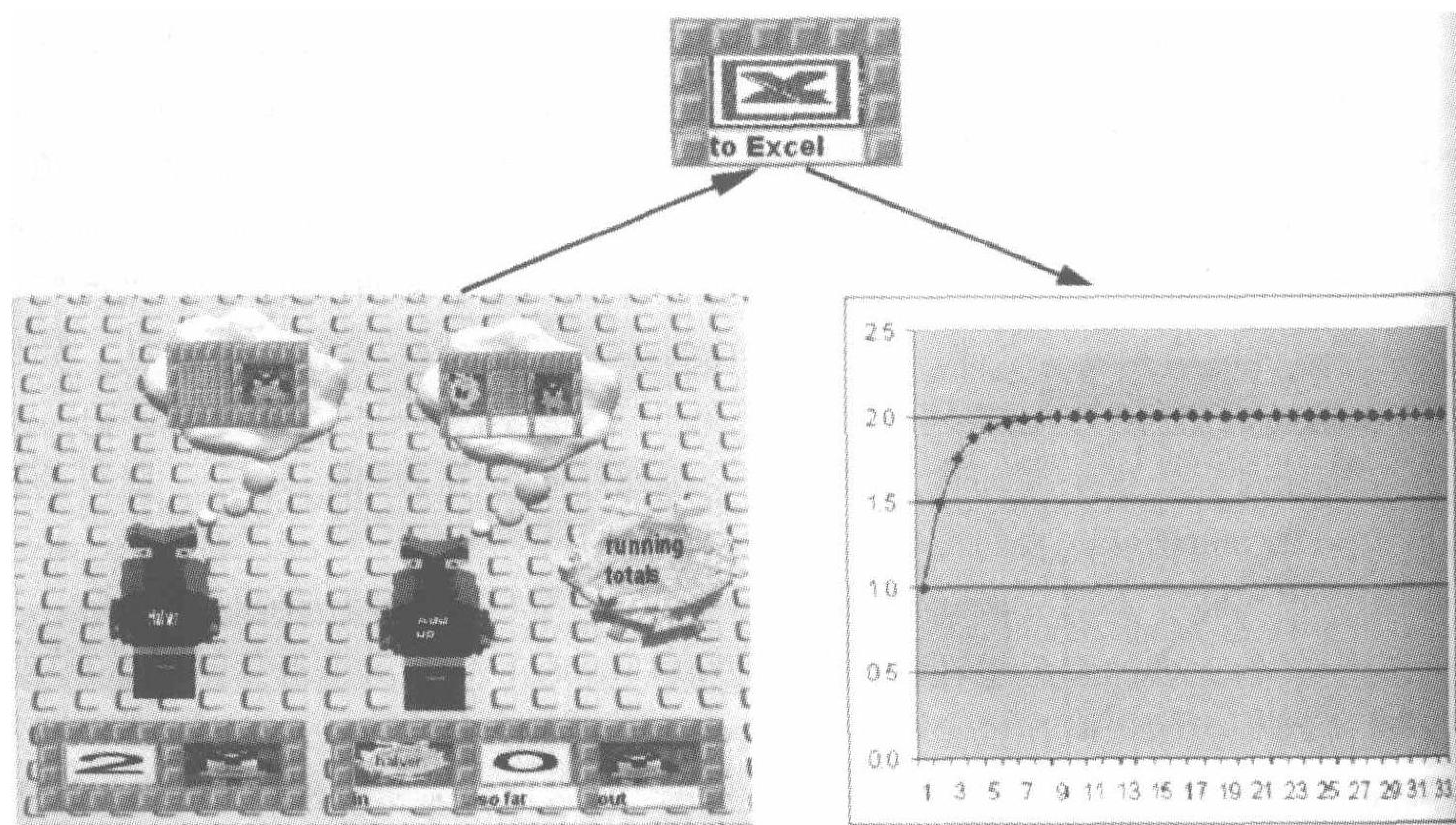


图 23.8　将生成的∑1/2a（机器人）过程和产品（Excel 图）连接起来

在这一活动序列中，学生发布了一些网络报告，这为他们质疑彼此的结论提供了很多机会，而这些结论可以在第二轮的活动中使用。例如，“变得很小”的意义是什么？1/n 真的很小吗？有的学生认为排列的最后结果依赖于初始值的大小，例如，$1/3^n$可能与 1 000 000/3^n有很大的区别。一个学生探究了第二个排列及其结果后，在她的网络报告中写到“在这个任务中，我发现如果让 1 000 000 不断地除以 3，这个数永远也不会小至 0。我也发现前面这些数值相加之和也不会超过 1 500 000。”她的网络报告展示了思维模型、Excel 图表和她对结果的解释。

透明模块

为了支持网上实验室的协作活动，我们建构了一套精心准备的工具集，称为**透明模块**，学生可借此将其不断增长的对特定领域的知识构建成模型。每个透明模块中包含一套可以操作的数学思想，也就是说，这些思想指导我们制作一些有用或有趣的东西来促使我们进一步的探索讨论。之所以说它们是透明的，是因为相对于潜在模型而言，它们是可以检测的，也可以在必要时进行操作、改变和重建。我们把 Toontalk 作为平台，所以能够在建构透明模块时从游乐场项目的经验中获益。

400

我们鼓励学生将自己建构的模型打包，并提供如何使用模型的说明。打包后的模型启动起来更容易，只需要点击它，系统就会自动启动 Toontalk，所需的机

器人和物体会出现在屏幕上以供运行或检查。修正这一过程，即上传一个新的或修改过的模型到系统中也很简单：学生只要依次将要上传的 Toontalk 对象用虚拟的“手”抓住，暂停 Toontalk 系统，并把物体上传到网络报告的剪切板中即可。图 23.9 显示了一个网络报告的例子，展示了一个打包后的模型、一个机器人运行数据绘制的 Excel 图表以及学生对活动数据的一些评论。

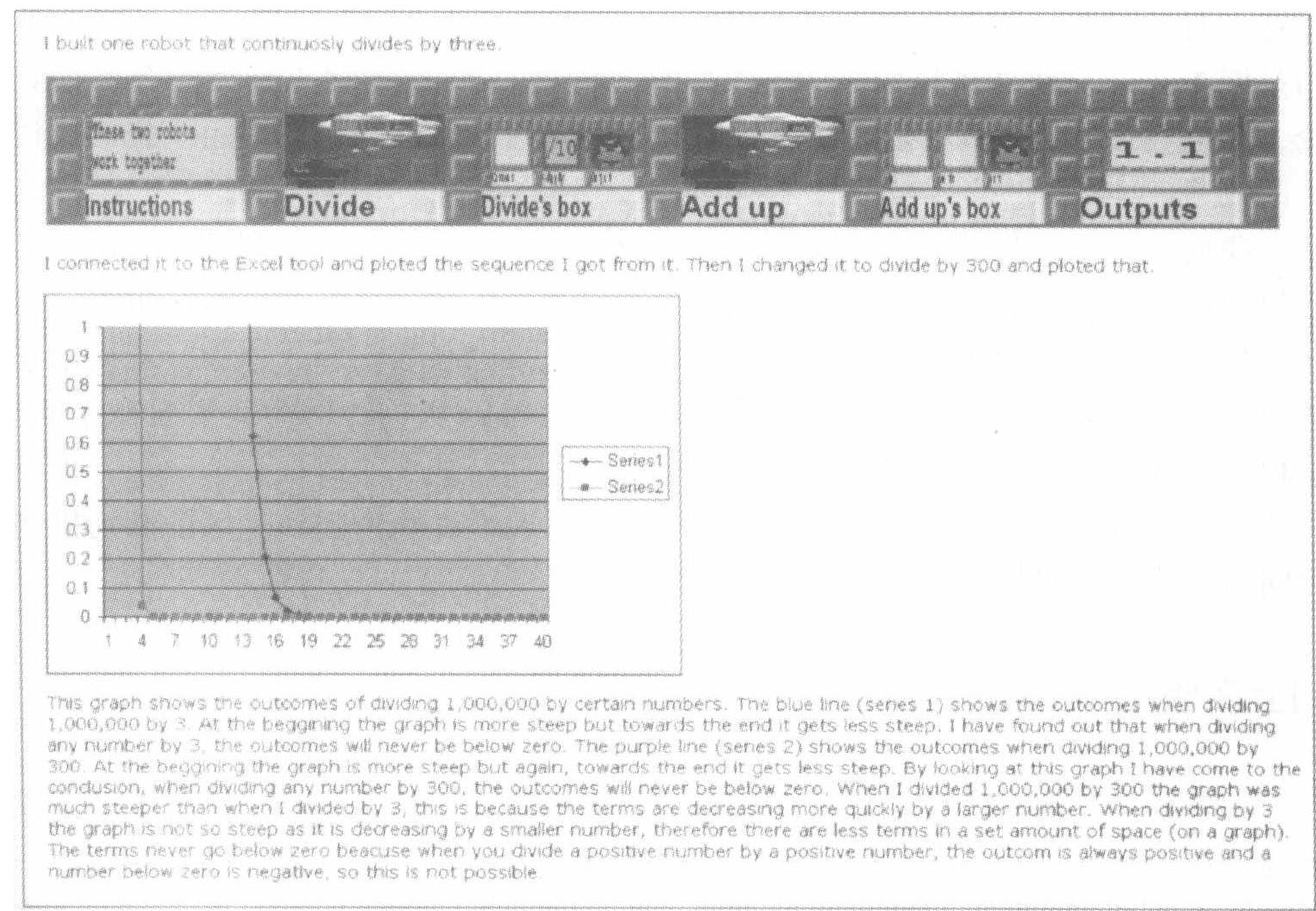


图 23.9　一个网络报告的例子

网络报告

网上实验室的第二个支柱是**网络报告**系统的设计，我们希望此系统可以在两方面支持协作建构：一是作为协作建构的公共记录，这些记录可用来逐渐理解共同体的知识领域；二是作为共同体协作的最终成果。在进入网上实验室网站的网络报告子系统后，学生们先登录，查看哪些人在线，看看自己接收到了什么信息，阅读每个知识领域的活动列表，以及对一些探索所需的工具的描述，还有要上传到项目中使用的工作模型。系统还提供学生个人主页的链接和其他一些功能，包括阅读其他小组成员的报告。另外，还有一个帮助模块，包括通用的教师指导手册、技术帮助和每个活动顺序的教学指导。

从某种角度来说，我们的方法与知识论坛类似（Scardamalia & Bereiter，本

书），我们从知识论坛获得了很多灵感。但是，如前文所述，我们面临着与知识论坛不同的挑战：我们关注的重点是数学学科。这就意味着，共享数学模型成为在数学思想方面进行协作的手段：模型本身就是我们希望学生建构的数学思想，同时模型也提供了支持共享的语言。

401

在描述正在进行的工作时，一些学生就 Toontalk 模型等问题挑战其他学生。我们借鉴了知识论坛的做法，在网络报告中增加了一些脚手架鼓励学生去评论，包括“你能解释一下吗？”“如果这样会怎么样？”“我推测……”和“这不起作用是因为……”此外还提供了一个文本框用于输入其他类型或是无法分类的评论，学生也可以对他人的评论进行评论，这样就可以像互联网新闻组一样形成讨论的线索。

我们最初的设想是，来自不同地方的学生参与同一个活动序列，会形成自己小组的网络报告，然后两个或更多地方的小组协作，得出最后的跨地区报告。然而，最后一步比我们想象的要难得多。这里有很多的现实问题，比如，不同国家学生在语言障碍、课程差异、时差以及小组报告写作所花费的时间上有所不同。最根本的问题是，我们仍然没能培养学生参与创作跨地区小组报告的意识，也没有使他们就目标达成共识。为了应对这一挑战，我们计划增强跨地区的激励机制和网络报告系统对模型查看与比较功能的支持。

网上实验室：结论

大多数学生能够成功地使用透明模块建构模型，并且开始习惯使用网络报告系统上传他们的模型，插入相关的反思性评论。网络报告已经成为课堂活动的一部分，在一些案例中，网络报告甚至已成为形成课堂探究氛围的催化剂。网络报告同时也成为个人回忆与重温先前工作的重要资源，有时还会促使形成新的见解——这是我们未曾预料到的效果。我们认为，学生学习的一些技术操作，如上传模型、评论和增加图表等，相对来说都是比较简单的，因为学生要获得评论并成为在线共同体的一部分就需要学习这些操作。模型打包的规范极大地帮助了交流，这样异地的学生立刻就能够知道这是个什么模型，它可以做什么。然而，虽然得到了很多本地小组报告，但是跨地区小组报告却很少。尽管我们知道学生喜欢得到评论，特别是异地小组的评论，但绝大多数收到的评论不超过 1 条。

402

当然，在鼓励学生参与一些强调彼此竞争而不是协作的数学讨论方面，我们取得了显著的效果。例如，有一个名为“猜猜我的机器人”的竞争性任务，要求找出特定活动序列的潜在规则，这一活动在学生要求寻找更佳方案的呼声中持续深入。这一交流活动持续了几个星期，学生逐渐建构了对这些复杂的活动序列及潜在规则的理解（Mor et al.，2004）。我们在“猜猜我的图形”活动中采用了类似的方法，同样成功地组织持续的跨地区互动（Simpson，Hoyles，& Noss，

2005)。我们曾试图探析，与那些在协作创作报告方面相对失败的案例相比较，这些活动为什么会取得成功？我们认为“猜猜……”这种游戏式的活动提供了获取最佳结果的方法，即在达到共享认知、同时理解不同方法的规则的基础上，引入一种竞争性的互动机制。我们认为，在协作框架内引入这一竞争机制是有教学意义的，特别是在异地分布的共同体中，我们也打算将其他活动序列改造成这种互动类型（Andriessen，本书）。

总结性评论

在游乐场和网上实验室项目中，我们提出了学习科学要解决的一个普遍问题：个体学习、计算模型和共同体的知识是如何在活动中共同发展的。我们精心设计的数学学习理念（用模型来表达数学思想）是解决这一普遍问题的有效尝试。即使在上文的简单介绍中，我们也已经可以了解用模型表示和共享的数学思想是如何成为反思和讨论的主题的，以及这一对话如何帮助建构对数学思想更为深入的理解，并从中形成数学知识和结构。

“基于模型的推理”理论（Lehrer & Schauble，本书）的一个重要观点认为，推理需要进行必要的**分层**，而分层可以通过精巧的工具和活动设计实现：有时仅仅查看或修改一个模型，这时辨析所有模型的结构关系既不必要也不现实。从长期来看，我们的目标是学生可以理解已有的模型，并在一段时间后，理解模型的深层结构，了解如何修改模型并与其他模型组合。这些分层的活动和互动支持工具也为理解学生的认知结构和集体知识建构的分层结构提示了重要的方向。

让学生共享彼此的数学思想并不是件简单的事。在研究中，我们发现学生更倾向于建构新的模型而不是评价其他人的模型。我们不知道这在多大程度上是由于“阅读”ToonTalk 机器人的难度所致，因为与阅读静态文本不同，阅读它们的难度主要在于需要长时间的观察才能够了解游戏的叙事情节（大约 25 年前关于 Logo 程序重复使用的研究中也发现了这一现象）。但是，我们认为，至少部分原因在于学生不能熟练地利用建模语言表达自己的观点。

403

只有教师才能够确保讨论是关于小组不断发展的知识的，以及更侧重知识的深层理解而不仅是表面知识与技能。当然，要在数学课堂上建立一个关注各个层次推理过程的数学学习氛围是很困难的，这不仅取决于教师的行为，也受到环境中活动的结构、工具和其他制品（比如网络报告）的限制。我们从游乐场和网上实验室的研究中发现，学生确实会管理自己的学习；在多种环境中倾听、挑战并向其他人学习；管理多种技术。实际上，他们乐于参与这类活动，当然这种课堂或跨课堂的氛围需要长时间才能形成，并且教师和学生在其中都需要转换新的角色。

在这两个活动项目中，虽然教师不是关注的重点，但我们发现教师的指导非

常成功，他们不仅起到了激励作用，更重要的是激发了学生对更深层次的数学和计算思想的讨论。当然，这表明老师对学习内容、工具以及在这种协作互动中创建共同体的好处有充分的认识。虽然我们介绍的这些工具可以促进活动的开展，但是只有教师和学校认可共享的优势，确保工具的顺畅使用，组织本地或跨地区的协作活动，并认识到这些如何影响学生推理及表达时，这些活动才能成功(Fishman & Davis，本书)。而这些只有当教师亲身经历并体验过协作建构的作用后才会发生，这也正是我们在这两个项目中认识到并希望在本章中传达的。

404

参考文献

Artigue, M. (2002). Learning mathematics in a CAS environment: The genesis of a refiection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7 (3), 245 - 274.

Balacheff, N. (1993). Artificial intelligence and real teaching. In C. Keitel & K. Ruthven (Eds.), *Learning from computers: Mathematics education and technology* (pp. 131 - 158). Berlin: Springer-Verlag.

Brown, A. L., & Campione, J. C. (1990). Communities of learning and thinking, or a context by any other name. *Contributions to Human Development*, 21, 108 - 126.

Cypher, A. (Ed.). (1993) *Watch what I do: programming by demonstration.* Cambridge, MA: MIT Press.

diSessa, A. A. (1997). Open toolsets: New ends and new means in learning mathematics and science with computers. In E. Pehkonen (Ed.), *Proceedings of the 21st Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Vol. 1, pp. 47 - 62. Lahti, Finland. (available at http://www. soe. berkeley. edu/boxer and www. pyxisystems. com, both accessed November 21, 2005)

Goldstein, R., Kalas, I., Noss, R., & Pratt D. (2001). Building rules. In M. Beynon, C. L. Nehaniv, & K. Dautenhahn (Eds.), *Proceedings of the 4th International Conference of Cognitive Technology CT2001* (pp. 267 - 281). Coventry, UK: University of Warwick.

Harel, I., & Papert, S. (Eds.). (1991). *Constructionism.* Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.

Hoyles, C., Healy, L., & Pozzi, S. (1992). Interdependence and autonomy: Aspects of groupwork with computers. In H. Mandel, E. De Corte, S. N. Bennett, & H. F. Friedrich, (eds.), *Learning and instruction: European research in international context* (Vol. 2, pp. 239 - 257).

Hoyles, C., & Noss, R. (2004). Making rules in collaborative game design. In J. Siraj-Blatchford (Ed.), *Developing new technologies for young children*, pp. 55 - 73. Stoke on Trent/Sterling: Trentham Books.

Hoyles, C., Noss, R., & Adamson, R. (2002). Rethinking the microworld idea. *Journal of Educational Computing Research*, 27 (1 & 2), 29 - 53.

Hoyles, C., Noss, R., & Kent (2004). On the integration of digital technologies into mathematics classrooms. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9 (3), 309 -326.

Kahn, K. (1996). ToonTalk—An animated programming environment for children. *Journal of Visual Languages and Computing* 7 (2), 197 -217.

Kalas, I., & Blaho, A. (2000). Imagine... new generation of Logo: programmable pictures. In *Proceedings of conference on educational uses of information and communication technologies, IFIP 16th world computer conference* (pp. 427 -430). ISBN 3 -901882 -07 -3. Beijing, China.

Latour, B. (1987). *Science in action.* Milton Keynes, UK: Open University Press.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation.* Cambridge: Cambridge University Press.

Littleton, K., & Hoyles, C. (2002). The gendering of information technology. In N. Yelland, & A. Rubin (Eds.), *Ghosts in the machine: Women's voices in research and technology* (pp. 3 -32). New York: Peter Lang Publishing.

Mor, Y., Hoyles, C., Kahn, K., Noss, R., & Simpson, G. (2004). Thinking in progress. *Micromath*, 20 (2), 17 -23.

Noss, R. (2001). For a learnable mathematics in the digital culture. *Educational Studies in Mathematics*, 48, 21 -46.

Noss, R., & Hoyles, C. (1996). *Windows on mathematical meanings: Learning cultures and computers.* Dordrecht: Kluwer Academic Press.

Noss, R., Hoyles, C., Gurtner J-L., Adamson R., & Lowe, S. (2002). Face-to-face and online collaboration: Appreciating rules and adding complexity. *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning* 12 (5/6), 521 -539.

Roschelle, J. (1996). Learning by collaborating: Convergent conceptual change. In T. Koschmann (Ed.), *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm* (pp. 209 - 248). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Asscociates.

Scardamalia. M. & Bereiter, C. (1991). Higher levels of agency for children in knowledge building: A challenge for the design of new knowledge media. *Journal of the Learning Sciences*, 1, 38 -68.

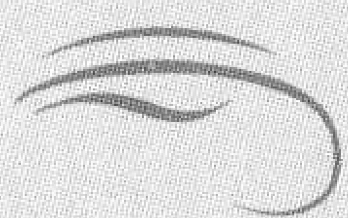
Simpson, G., Hoyles, C., & Noss, R. (2005). Designing a programming-based approach for modelling scientific phenomena. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21, pp. 143 - 158.

Stahl, G. (2001). Rediscovering CSCL. In T. Koschmann, R. Hall, N. Miyake (Eds.), *CSCL2: Carrying forward the conversation* (pp. 177 - 178). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Asscociates.

Verillon, P., & Rabardel, P. (1995). Cognition and Artifacts: a contribution to the study of thought in relation to instrumented activity, *European Journal of Psychology of Education*, 10 (1), 77 -101.

第五部分

共 同 学 习



第24章

计算机支持的协作学习

格里·斯塔尔，蒂莫西·考希曼，
丹尼尔·D. 萨瑟

409

计算机支持的协作学习（Computer-Supported Collaborative Learning，CSCL）是学习科学的一个新兴分支，主要研究人类如何在计算机的帮助下一起学习。

在本章中我们将看到，这一简单定义其实隐含了很多复杂性。技术与学习的相互影响是相当复杂的。协作、计算机媒体和远程教育的融合，变革了学习的概念，并开始挑战我们关于人类如何学习的现有假设。

正如许多科研领域一样，CSCL与现有的领域有着复杂的关系，以一种难以指明的方式在发展，其中包括一些看似矛盾的重要文献。这个领域在理论、方法和定义上一直存在分歧。而且，有一点很重要，我们应该把CSCL视为计算机应用的一种愿景，同时研究者应该将它作为自己采用的研究类型，而不是目前广为接受的实验室与课堂实践的类型。我们将从当前对CSCL较为流行的理解来讲述CSCL，再渐渐深入到它复杂的本质。

教育中的CSCL

作为对学习的特殊形式的研究，CSCL与教育是紧紧联系在一起的。它包含不同层次的正规教育，从幼儿园到研究生学习，同时也包含各种非正式教育，譬如在博物馆参观学习。计算机在教育的各个领域层次都越来越重要。世界上不同地区的学校和政策一直在以让学生更多地接触计算机和互联网为目标。在本书其他章节中可以看到学习科学领域也越来越重视学生在小组中的共同学习。然而，如何结合两者（计算机支持与协作学习，或者说技术与教育）从而有效地促进学习仍是一个挑战——CSCL必须面对的挑战。

410

计算机与教育

长久以来，人们对于在课堂中使用计算机大多持有怀疑态度。批判一方的学

者认为计算机的这种介入是枯燥的和反社会的，他们觉得这是培养游戏玩家的天堂，也是一种机械的、残忍的培训方式。CSCL 则基于一种相反的假设：它提出通过开发新的软件和应用程序，把学习者聚集到一起，从而促进学习者富有创造性的探索活动和社会交互活动。

CSCL 产生于 20 世纪 90 年代，它的出现是为了回应当时那些强制学生孤立学习的软件。互联网以一种新颖的方式把人们联系在一起，这种巨大的潜能成为 CSCL 研究的一个催化剂。随着 CSCL 的发展，在设计、传播和有效运用具有创新性的教学软件过程中，一些意料之外的阻碍因素变得越来越明显。这时就需要对整个学习的概念进行转变，包括学校教育、教学以及学生角色等都面临重大的转变。很多必要的改变在本书第一部分的教育方法中已经有所体现，例如，采用建构主义、知识建构和情境学习等教育框架。

远程 E-learning

CSCL 经常和 e-learning 被混为一谈，e-learning 是一种利用计算机网络进行教学的组织形式。e-learning 源于一种朴素的理念：课堂内容可以被数字化，再传播给大量的学生，学生不需要和老师有很多联系，也可以节省教学成本，例如省去了建造教学大楼和交通的费用。然而，这种理念是存在很多问题的。

第一，把教学内容的呈现，如幻灯片、文本或者视频，定义成强制性教学是不正确的。这些内容为学生提供了重要的资源，就像课本一直扮演的角色一样，但是这些资源只有在富有动机和交互的情境下才会有效。

第二，网上教学要求教师付出和传统课堂教学至少一样的努力。教师不仅要准备材料，还要使资料在计算机中流通，他们必须通过与学生的交互来创造一种社会存在感，来鼓励和指导每一个学生。由于网上教学允许不同地区的学生参与学习，也允许教师在不同地方工作，总的来说，教师在每个学生身上所付出的精力大大增加了。

第三，CSCL 强调学生之间的协作，因此，学生不是孤立地对学习材料作出反应。学习的发生主要通过学生之间的交互来完成。学生通过陈述问题、一起探究问题、相互学习、观察他人如何学习等一系列活动来达到学习的效果。计算机支持下的协作是 CSCL 和 e-learning 的重点。在这个过程中，促进和维持学生之间有效的交互是很难达到的，要实现这个目标，需要技巧性的计划、协调，以及课程、教学法和技术的有效实施。

第四，CSCL 也关注面对面（F2F）的协作。CSCL 并不总是采用网上交流的方式，它还包括：科学模型的仿真，或者共享的交互表征。在这种情况下，协作则集中在模仿或表征的建构和探索过程。学生们可以有选择地使用计算机来浏览因特网信息，或者讨论、辩论、合作展示找到的信息。计算机可以支持远程或者

面对面的交互，包括同步交互和异步交互。

小组中的合作学习

对小组合作学习的研究比 CSCL 要早很多。早在 20 世纪 60 年代，在联网的个人计算机出现之前，教育研究者就已经对该领域进行过相当深入的研究。在社会心理学领域，对小组的研究历史则更为悠久。

411

为了区分 CSCL 和早期对小组学习的研究，有必要区分一下合作学习和协作学习的概念。迪伦伯格（Dillenbourg，1999b）是这样描述这种区分的：

> 在合作中，任务被分成独立的子任务，并由个人分工完成，然后将个人各自解决的任务整合为一个最终的成果。在协作中，成员是“一起”工作的。(p. 8)

迪伦伯格提到了罗斯切利和泰斯利（Roschelle & Teasley，1995）对协作的定义：

> 本章讲述一个案例研究，旨在举例说明计算机作为社会性学习中的认知工具的作用。我们探讨了一种重要的社会活动，**协作构建解决问题**的新知识。协作是人们为了手边的问题解决任务而协商与共享意义的过程……协作也是彼此相互协调的、同步的活动过程，这一活动是人们持续努力，建构与保持对某一问题的共识的结果。(p. 70，强调部分由本文作者添加)

合作过程中，学习是由个人完成的，个人的成果再整合为小组的成果。合作小组中的学习过程只在个体内部发生，这种学习方式可以采用传统的教育和心理研究方法进行研究探讨。而罗斯切利和蒂斯雷所说的协作的特点在于，在知识协作建构过程中，学习的发生是社会性的。当然，个体仍然是小组的成员，但他们参与的活动不再是独立的个人学习过程，而是小组内部的交互，如协商或者分享。参与者并不是各行其是，而是仍然参与共同的任务，这个任务也是由小组为这个集体构建、维持的。**小组意义**的共同协商和分享是协作的中心议题，对此议题的研究不能沿用传统心理学所用的方法。

协作和个体学习

协作学习把个体看作小组的成员，同时包括一些协商和分享的行为，如对共有概念任务的建构和维持，这些都是在小组协作过程中交互性地完成的。协作学

习包括个人学习，但不仅仅限于个人学习。把协作学习看作小组过程还是个体的相加，是研究 CSCL 的一个核心之处。

有关小组学习的早期研究认为学习基本上是一种个人历程，在小组中的个人被视为影响个人学习的一个环境变量。而在 CSCL 中，学习也被当作一种小组过程来分析；同时以个体和小组作为分析单位来分析学习是有必要的。

在一定程度上，CSCL 的出现是对早期试图将技术运用于教育以及用学习科学的传统方法去了解协作现象的回应。学习科学整个领域从狭义上关注个体学习转向了关注个体和小组相结合的学习。CSCL 的发展与学习科学的进展并肩前行。

CSCL 的历史进展

起源

有三个早期的项目成为后来出现的 CSCL 领域的先驱者，这三个项目是聋人大学的 ENFI 项目、多伦多大学的 CSILE 项目以及加州圣地亚哥大学的第五维度项目（the Fifth Dimension Project）。这三个研究都通过尝试使用技术来促进有关读写能力的学习。

412 ENFI 项目产生了一些最早的计算机辅助写作或称为“CSCWriting”（Bruce & Rubin，1993；Gruber，Peyton，& Bruce，1995）的例子。在聋人大学就读的学生都是聋人或听力受损者，很多这样的学生进入大学后在写作沟通技巧上有所欠缺，而 ENFI 项目的目的就是让这些学生以新的方式投入写作：教他们用“声音”去写作以及带着读者意识进行写作。那些已开发的技术在当时是非常超前的，但用今天的标准来衡量也只属于初级水平。人们修建起一些特别的教室，将置有计算机的桌子围成一个圆圈，同时开发了类似现在的聊天工具的程序，以便师生通过文字媒介进行讨论。ENFI 项目中的技术，是通过提供文字沟通的媒介来支持一种新的意义建构的过程。

另一个具有影响力的早期项目是由多伦多大学的巴雷特和斯卡达玛莉亚负责的（参见 Scardamalia Bereiter，本书）。巴雷特与斯卡达玛莉亚注意到学校学习常常是浅层的而且缺少激励，他们将教室内发生的学习与在“知识建构共同体”中所发生的学习进行对比（Bereiter，2002；Scardamalia & Bereiter，1996），后者类似于围绕着共同的研究问题的学术共同体。在 CSILE（Computer Supported Intentional Learning Environment，计算机支持的有意义学习环境）项目中，也就是之后颇负盛名的知识论坛（Knowledge Forum），他们运用技术与教学法将教室重建为知识建构共同体。与 ENFI 项目一样，CSILE 让学生投入于文字生产活动，使写作活动更有意义。无论如何，在上述两种例子里所产生的文字却相当不同，ENFI 的文字非常具有对话性，文字是在自然的情境中产生，在课堂结束后通常

不再保留；而 CSILE 的文字就像传统的学术文献一样被存盘。

设计 CSILE、第五维度（5thD）这些项目的最初目的是提高学生的阅读技巧（Cole，1996）。一开始由洛克菲勒大学的科尔（Cole）和其同事组织了一个课外课程。当比较人类认知实验室（the Laboratory of Comparative Human Cognition，LCHC）搬到加州大学圣地亚哥分校后，第五维度项目发展为一个复杂的以促进学生阅读与问题解决能力为目标的整合系统。他们设计了一种棋盘游戏图，利用不同的房间代表特定活动的迷宫（the "Maze"），利用这样的游戏机制记录学生的进展以及协调学生的参与。学生的学习过程由教育学院本科生志愿者，以及一些能力较强的同伴协助完成。这个计划最初在圣地亚哥的 4 个网站执行，后来普及到全世界的许多网站（Nicolopoulou & Cole，1993）。这三个项目——ENFI、CSILE 和第五维度项目拥有共同的目标，就是使教学更多地以意义建构为导向。这三个项目都将计算机与信息技术视为达成目标的资源，并且在教学里都引入了组织社会活动的创新方式，它们以这种方式为后续出现的 CSCL 奠定基础。

从学术会议到全球共同体

1983 年在圣地亚哥举办了一场主题为"合作问题解决与微型计算机"的研讨会。6 年后，由北大西洋公约组织（NATO）赞助，在意大利马拉泰阿举办了另一场研讨会。1989 年的这场研讨会被认为是这个领域诞生的标志，因为这是第一次以"计算机支持的协作学习"命名的公开国际会议。第一次真正成熟独立的 CSCL 会议于 1995 年秋天在印第安纳大学举办，后续的国际会议每两年举办一次：1997 年在多伦多大学，1999 年在斯坦福大学，2001 年在荷兰的马斯特里赫特大学，2002 年在科罗拉多大学，2003 年在挪威的卑尔根大学，以及 2005 年在中国台湾"中央大学"。

413

由 NATO 赞助、在意大利马拉泰阿举办的研讨会后，激荡出一批记载 CSCL 理论与研究的文献，其中 4 篇最有影响力，其作者分别是：纽曼、格里芬和科尔（Newman，Griffin，& Cole，1989），布鲁菲（Bruffee，1993），克鲁克（Crook，1994），巴雷特（Bereiter，2002）。此外，还有许多 CSCL 研究的专著，其作者分别是：奥马利（O'Malley，1995），考希曼（Koschmann，1996a），迪伦伯格（Dillenbourg，1999a），考希曼、霍尔和米亚可（Koschmann，Hall，& Miyake，2002）。有关 CSCL 的书籍系列由克卢威尔（Kluwer，现在的斯普林格，Springer）出版社发行，目前共出版了 5 本。CSCL 会议论文集已经成为此领域的主要出版物。许多期刊也扮演了重要角色，特别是《学习科学期刊》（*Journal of the Learning Sciences*），而《计算机支持的协作学习国际期刊》（*International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*）于 2006 年开始发行。虽然这个共同体早期以西欧与北美为核心，但目前已经衍化成一种相当平衡的国际布局

(Hoadley, 2005; Kienle & Wessner, 2005)。2005年在中国台湾举办会议，以及新的国际期刊的创刊，就是为了把这一共同体推向全球化。

从人工智能到协作支持

CSCL这个领域可以跟早期的把计算机应用于教育的取向形成对比。考希曼(Koschmann, 1996b)指出CSCL取向的历史轨迹如下：(a)计算机辅助教学(computer-assisted instruction)；(b)智能导师系统(intelligent tutoring systems)；(c)学习LOGO程序语言(Logo as Latin)；(d)CSCL。

计算机在教育中的第一个应用就是计算机辅助教学。它是一种行为主义取向，始于20世纪60年代，在早期计算机教育应用中处于主导地位。这种取向将学习看作对事实的记忆活动。学科知识被切割成一小块一小块的信息，通过计算机化的练习，呈现给学生一种逻辑顺序。现在很多计算机教学软件产品仍然在使用这种方式。计算机在教育中的第二个应用是智能导师系统(例如，Koedinger & Corbet，本书)。它基于认知主义哲学，通过心智模式与潜在的错误心智表征，来分析学生的学习。这一取向驳斥行为主义所认定的那种不用考虑学生是如何表征与处理知识就能支持学习的观点。这个取向在20世纪70年代特别盛行，它建立了学生理解知识的计算机模型，根据从学生心智模式所找出的典型错误发生率，对学生的行动作出反馈。

计算机在教学中的第三个应用始于20世纪80年代，以LOGO程序语言的教学为象征，LOGO语言站在建构主义的角度，主张学生必须自己建构知识。它提供富有启发性的环境，让学生探索与发现推理的力量，就如同软件程序所构建的：函数、子程序、循环、变量、递归等。

CSCL代表了计算机在教学中的第四个应用，也是最新的应用。CSCL取向开始探究计算机如何促使学生在小组与学习共同体中协作地共同学习，这个取向源自社会建构主义与对话理论的驱动，致力于给学生提供有引导的讨论来支持学生学习，共同建构共享知识。

在20世纪70年代到80年代之间，大型计算机进入学校，微型计算机开始出现，人工智能(artificial intelligence, AI)正接近巅峰时期，因此，有志于将计算机技术应用于教育的计算机科学家很自然地被AI所勾勒的美好蓝图所吸引。人工智能是一种能模仿人类智能行为的计算机软件(例如，在玩象棋时，能考虑符合规则的所有移动步骤的利弊)。智能导师系统是人工智能的最初范例，因为系统能复制人类导师的行动，也就是分析学生的问题解决策略并对学生的做法(例如解决一个数学问题的详细步骤)提供反馈，以及将学生行动与正误理解的程序化模式互相比较，向学生提供建议。人工智能仍然是学习科学中一个活跃的研究领域(参见Koedinger & Corbett，本书)，但是只限于能以算法表示心智模

414

式的知识领域。人工智能教育应用的终极目标是在原本需要人类导师介入的情境中让计算机发挥某些教学或引导功能。在 CSCL 领域里，学习的焦点是通过与其他人协作来学习，而非直接从教师那里获得，因此，计算机的角色从提供指导——无论是计算机辅助教学传递的信息，还是智能导师系统给予的反馈——转移到以提供沟通媒介、搭建脚手架来支持有效的学生互动，并进而促成协作。

支持协作的主要方式是由计算机网络（通常是通过因特网相互连结）提供沟通的媒介，例如电子邮件、聊天室、论坛、视频会议、实时讯息等。CSCL 系统通常会提供几种工具的组合，并增加一些特殊功能。

此外，CSCL 软件环境提供不同形式的教学支持或脚手架来支持协作学习。这些可以用复杂的算法功能来实现，包括人工智能技术。它们可提供不同角度去看待学生正在进行的讨论和讨论中产生的共享信息，也可提供反馈，反馈可能是基于小组探究模式的。它们也可以通过指导互动模式与对学生提供反馈来创设社会化情境。在大多数场合，计算机的作用不如学生间（或与教师、导师与辅助人员）的人际互动。软件是用来支持而不是取代小组的互动过程。

这种从个人认知的心智模式到支持协作小组的转变，对学习研究的重心与研究方法都有重要的含义。对这些含义的逐步接受与探索，标示了 CSCL 研究领域的衍化特征。

从个人到互动小组

大约在 1995 年的第一次 CSCL 会议时期，迪伦伯格等人（Dillenbourg, 1996）对协作学习研究进展状况有如下之分析：

> 多年以来，协作学习的理论比较关注个人在小组中的作用，这种现象反映了 20 世纪 70 年代到 80 年代早期，在认知心理学与人工智能作为主流的背景下，认知被视为个人信息处理器的产物，而社会交互的境脉被视为个人活动的背景，而非研究的焦点。近来，小组本身已经成为分析的单位，研究的焦点也移转到**互动结构**中更具突显性、社会性的特点上。从实证研究的角度看，最初的目的是想探求协作学习是不是比单独学习有效以及在何种环境下有效。研究者控制若干独立变量（小组大小、小组组成、任务性质、沟通媒介等），然而，这些变量彼此间相互作用，使得试图建立协作条件与协作效果间的因果关系变得几乎不可能。因此，实证研究最近较少关注有效协作的**特点**，而转向去理解这些**因素**在互动中所起的作用。这种注重过程导向的趋势移转，需要对互动进行分析和建模的新工具。（p. 189，强调部分由本文作者添加）

415

迪伦伯格等人论述的那些研究——协作因素对个体学习影响的研究——并没有得出明确的结果。性别或是小组组成的影响（例如异质或同质能力分组）可能因年龄、学科、教师的不同而有不同效果。这不仅与变量独立性的方法论假设有所抵触，也给如何探析实验结果的原因提出了难题。这意味着要在一定细节上了解小组的互动，因为这种互动可能导致了效果的产生，接下来就需要发展分析与解释这类小组互动的方法论。这样，研究的焦点不再是个体学习者“头脑中”发生了什么，而是学习者之间通过互动发生了什么。

从心智表征到互动意义建构

以小组作为分析单位这一转变，与另外两个概念正好同时发生：作为情境学习代理的共同体（Greeno，本书；Lave，1991）、协作知识建构（Scardamalia & Bereiter，1991，本书）。但是这种转变也引发了对社会心智理论的深究，比如维果茨基（Vygotsky，1930/1978）首倡的理论，有助于厘清独立的学习者与在小组或共同体中协作学习的关系。依据维果茨基的说法，每个学习者在协作的情境下发展的能力和他们单独学习时发展的能力是不同的。他用最近发展区概念来衡量两种能力之间的差距。这意味着我们不能用那种测量个人独自学习的前测与后测的实验方式来测量发生在协作条件下的学习所获得的能力，即使是协作条件下的个人学习也不适合。如果想知道在协作学习中发生了什么情况，使个人头脑中的心智模式理论化是没有用的，因为那样并不能捕捉在协作互动中建构起来的意义。

协作这个概念，基本上可以看成一种共同建构意义的过程，意义建构不能被视为参与者个体的心智表征，而是多人互动的结果。我们可以从多个参与者依次的发言来分析意义建构是如何发生的。意义不是由单个学生的单个发言产生的，因为它通常依赖对共享情境的引用（indexical references），对之前发言的隐性继承，同时也为后续发言定下了基调（参见 Sawyer，本书）。

从量化比较到微观的案例研究

观察协作情境下的学习与观察单个学习者的学习是不同的。第一，在协作的情境下，参与者必须将他们的学习可视化，以此作为协作过程的一部分；第二，观察多发生在相对短期的小组互动中，而非较长时间的前测与后测。

有讽刺意味的是，从理论上来说，研究小组学习比研究个人学习更为容易，因为协作的一个必要特征是参与者彼此展现他们对互动中构建的意义的理解，参与者在协作中需要用言语、文字和图像来展现，这些是有效协作的基础。研究者可以利用这些记录（我们假设研究者具有参与者的解释能力，并能够忠实地记

录这些展示，例如利用数码录像）来重现协作的过程，小组的参与者就是在这种协作过程中进行共享的意义建构，这些共享的意义是在小组中学到的。

基于民族志方法论（Garfinkel，1967）的会话分析（Sacks，1992；ten Have，1999）或录像分析（Koschmann，Stahl，& Zemel，出版中）等方法提供了研究协作中意义建构的详细案例分析的方法（Sawyer，本书）。这些分析并非只是一些片段。虽然这些方法在本质上是解释性的、非量化的，但它们并非轶闻性的风格，它们具有主体间的有效性，建立在严谨的科学程序上。这些方法也体现了可广泛采用的结果，因为人们用于交流的方法是通用的或者说至少在合理范围内（至少在特定共同体或文化中）是通用的。

对互动方法的分析如何才能用于指导 CSCL 技术以及教学法的设计呢？这个问题指出了在 CSCL 领域中教育与计算机之间的复杂交互性。

CSCL 中学习与技术的交互作用

传统的学习观念

行为主义教育方法的奠基人桑代克（Edwin Thorndike，1912）曾经写道：

> 假如书本设计得非常灵巧，读者只有依照引导读完了第 1 页，才能查看第 2 页等等，许多现在需要个人教导的活动，可以通过印刷品完成……这样，在某种程度上就可以使用教学材料教育儿童，从长期来看这是非常有用的（p. 165）。

这段摘录有两点值得注意。第一，它提出计算机辅助教学的核心理念比计算机实际的发展还早；其次，但更重要的是，这段文字显示出教育技术研究的目标与教育研究的传统目标——也就是对操作型定义下的所谓学习有所帮助——是如何密切相连甚至不可分割的。桑代克展望的是一种教育科学的远景，也就是所有的学习都可以测量，因此，所有的教育创新也都可以通过实验来评估。从历史观点来看，教育技术的研究一度被这个传统所束缚，并作为这个传统中的一个特定领域（参见 Cuban，1986）。

过去，教育研究者将学习看作一种纯粹的心理现象。学习被认为具有三个基本特点：第一，学习是对经验的反应，也是对经验的记录；第二，学习会随时间而发生变化；第三，学习是一种无法直接检验探求的过程（Koschmann，2002a）。这些想法根深蒂固，建立在长期发展起来的认知学以及心灵哲学的基础之上，让我们难以从任何其他角度去看待学习。

然而，现代哲学质疑这些传统。所谓的“教化哲学家”（edifying philoso-

phers)(Rorty，1974)——詹姆斯、杜威、维根斯坦与海德格尔等人反对把学习看作是将知识嵌入个人心智这样难以观察的事，相反，他们试图建构一种有关学习与认识的新观点，这种新观点认为知识广泛存在于日常生活世界。CSCL支持这种较为情境化的学习观点，排斥传统教育研究的基本观点。CSCL认为学习存在于社会世界中进行的意义协商，而不是个人头脑中。在各种社会取向的学习理论、社会实践理论(Lave & Wenger，1991)与学习对话理论(例如，Hicks，1996)中，说得最多的是将学习视为社会性的意义建构。社会实践论关注意义协商的其中一个方面：共同体中社会认同的协商。学习对话论着重于社会互动中意义凸显和发展的过程。整体来说，这两种理论为思考和研究学习提供了新途径。

417

设计技术来支持学习者的意义建构

CSCL设计的目的是创造一些促进小组内意义建构过程的人工制品、活动与环境。最近几十年来，计算机与通信技术如因特网等迅速发展，极大地改变了我们工作、娱乐与学习的方式。然而，不管设计如何灵巧或精细，没有任何形式的科技有能力改变实践。为了实现提升实践的可能性，人们必须采用多方面的设计形式(从不同学科引入专门知识、理论和实践)：课程的设计(教学与指导策略的设计)、资源的设计(信息科学、通信科学)、参与结构的设计(互动设计)、工具的设计(研究设计)和环境空间的设计(建筑设计)。

正如勒巴伦(LeBaron，2002)一篇评论的题目所说："技术不能脱离它的使用而存在。"若用"活动、人工制品与环境"来替代"技术"，意思还是一样：这些元素本身不能创造出新的实践形式，相反，它们是在实践中形成的。我们所期望的实践形式的环境由于存在有组织的活动而被建构起来。工具和人工制品还是工具和人工制品，但是这些工具和人工制品面向参与者，在直接的实践中也与参与者相关。也只有参与者以有次序的共同活动的方式组织他们自身，活动才变得可以辨认。

因此，设计CSCL软件需要分析它在应用实践中要建构的意义。意义反映了过去的经验，但可以不断对它进行协商与评估。此外，分析者与参与者都无法完全理解对方的主观见解，尽管如此，参与者还是需要经常参与协商活动，仿佛完全的共识是可能的，并且也可以达成。因此，一个重要的问题是：共识是如何达成的呢？为了设计技术以支持协作学习与知识建构，我们需要更细致地了解小组学习者如何通过各种人工制品和媒介来建构共同的意义。

如何获得**主体间性**(intersubjectivity)，这个问题受到了众多专业学科的关注，例如语用学(Levinson，2000；Sperber & Wilson，1982)、社会心理学(Rommetveit，1974)、语言人类学(Hanks，1996)、社会学(参见Goffman，1974)，

特别是民族志方法论传统中的社会学研究（Garfinkel，1967；Heritage，1984）。那些想要理解学习如何在互动中发生的人，对主体间性的问题特别感兴趣。学习可以看成是协商不同观点的行为（Hicks，1996），教学可以看成促进这种协商的社会与物质安排。这种对意义建构活动的分析，需要多门学科的方法和关注，例如心理学（特别是话语心理学与文化心理学）、社会学（特别是微观社会学与传统的民族志方法论）、人类学（包括语言人类学与建构环境的人类学）、语用学、通信研究、组织学以及其他。

CSCL 研究含有分析与设计的成分。在分析方面，意义建构的分析是归纳性的，它不关注改革的目的，只关注人们在短期互动中的行为，也不进行诊断与评价；相反，设计根本上是诊断式的——任何朝向变革的努力其实始于一种假设：人们的做事方式有妥当与拙劣之分。然而，促进意义建构的设计，需要一些研究实践的严谨方法。这样看来，分析与设计是一种相互依赖的关系，也就是说，设计是来自分析给出的讯息，而分析同样需要依赖对要分析的客体所进行的设计才能完成（Koschmann et al.，出版中）。 418

CSCL 需要继续进行自我创新，需要引入新的理论，需要对学习者实践进行分析，也需要根据如何促进意义建构的理论创造出人工制品。为协作学习开启新可能性的 CSCL 技术设计，也需要首先建立在对协作学习本质的分析上。

协作学习的分析

考希曼（Koschmann，2002b）在 2002 年 CSCL 会议作主题演讲时对 CSCL 给出一个具有概括性的描述：

> *CSCL 这门学科着重研究在共同活动环境下的意义和意义建构实践活动，以及设计的人工制品被这些实践活动应用为媒介的方式（p. 18）。*

我们正在谈论的 CSCL 被认为是“在共同活动环境下意义建构的实践活动”，这句话可以从很多方面进行理解。

协作学习里最难深入理解的部分是**主体间的学习**（Suthers，2005）或者说**群体认知**（Stahl，出版中）。这种学习不仅仅是在互动中完成，而是完全**建构于**参与者之间的互动。继加芬克尔（Garfinkel）后，考希曼等人（Koschmann et al.，出版中）主张对意义建构共同体中“成员的方法”进行研究：“在这种（教学）场所，参与者究竟是如何**学习的**”（强调系原始引文所加）。除了理解参与者的认知过程如何受社会互动所影响，我们还需要了解学习本身是如何在参与成员的互动中发生的。

在 CSCL 研究中，对于共同进行意义建构的研究还不盛行。即使有些研究详

细分析了互动过程（而非对个人的学习成果），这些分析基本上还是用既定的类别作为工具，在数据中寻找相符合的特征，并计算特征次数。实际上，这些类别只能用来识别某些已知的行为类目，而不能揭示特定情境中现象的本质（Stahl，2002）。

CSCL 文献中有一些研究直接探讨了互动中如何达成主体间性的问题（例如，Koschmann et al.，2003；Koschmann et al.，出版中；Roschelle，1996；Stahl，出版中）。罗斯切利在早期研究中设计了专门支持物理学科意义建构活动的软件，该研究中，学生的活动是共同解决问题，研究者以微观的方式分析了学生的协作活动。另外，考希曼的研究关注参与者**问题化**（problematization）的方法，也就是小组学生如何集体界定需要作进一步分析的问题情境。

斯塔尔（Stahl，出版中）主张，研究主体间性的意义建构最有成效的分析单位是小组，他的理由包括：在小组中显然可以用社会成员使用的方法来观察主体互动的学习。几个人组成的小组规模足以体现社会互动的完整过程，但又不会大到使参与者与研究者都无法掌握小组中发生的事。以小组为分析单位的研究，最容易看到意义是怎样共同建构起来的，即所谓的**群体认知**。此外，小组介乎个人与共同体的边界。小组中发生的知识建构“被它的成员内化成为个人学习，同时也成为得到认可的知识而外化在它的共同体中”（Stahl，出版中）。当然，小组并不是进行研究的唯一社会单位，对共同体和组织中大规模的变化的分析，不仅能产生一种对突显的社会学习现象的理解，而且能探析小组是如何引发这些大改变的。

419

研究主体间的学习，或称为群体认知的互动性成果，是社会行为科学中最具挑战性的有趣问题，甚至触及我们作为有意识的人的本质：认知现象会“跨个人”地发生在小组讨论中吗？通常被视为认知功能的学习，如何分布在人们与人工制品中呢？我们如何把知识看作是达成的实践而非一种所属物品，或者甚至是早就有的存在物？

对计算机支持的分析

在 CSCL 情境下，个体间的互动是以计算机环境为媒介的。考希曼对 CSCL 领域定义的后半段中写到“设计的人工制品被这些实践活动（在合作活动环境中的意义建构）应用为媒介的方式”（2002b，p. 18）。可以说，计算机对主体间意义建构的支持正是这个领域的独特之处。

CSCL 议题技术层面的重点是社会性技术的设计与研究。所谓技术的社会性是指：用技术作为媒介并鼓励社会性行动，以构成小组学习，并引领个体学习。设计应该凸显技术提供的独特学习机会，而不是产生其他工具也可以提供的支持，甚至更糟的是强迫技术做一些并不合适的事。然而，信息技术的哪些独特性

使它有潜力担任此角色呢？

- 计算机媒介可重新装配。表征是动态的：在计算机中很容易移动物体或是取消操作，复制更是易如反掌。时空的局限被打破了，这些特征使得信息技术成为一种"沟通渠道"，变得非常具有吸引力，但是我们应该利用科技的潜能使新的互动成为可能，而不是让技术仅复制早已存在的面对面互动。
- 计算机媒介的沟通环境"使沟通实体化"（Dillenbourg，2005）。活动像产品一样通过记录得以保存、重现，甚至修正。我们应该探究互动和协作间持久稳固的记录，作为主体间学习的资源。
- 计算机媒介可以分析工作空间的状态与互动次序，并自行重新调整或是依据上述计算得出的特征给出提示。我们应探索这种适应性媒介的潜能，使之对主体互动过程产生影响，并利用它可给予提示的能力去分析和作出选择性的回应。

人际沟通与使用表征资源来完成这种沟通是非常灵活的：技术开启了无限的可能性，但是技术并不能将意义"固定"或是指定好沟通的功能（Dwyer & Suthers，2005）。从这点得到启示，CSCL 研究应该找出有计算功能的媒介的独特优势，并探索参与协作的人如何使用这些媒介，以及媒介如何影响成员意义建构的过程，然后我们将设计具有这些特征的技术，从而使得参与者能通过多种灵活的指导形式进行互动学习。

CSCL 的多学科性

CSCL 目前具有三种方法论传统：实验法、描述法与迭代设计法。

许多实证的 CSCL 研究沿袭**实验取向**的主流范式，它们对控制一个或控制多个变量进行比较（例如 Baker & Lund，1997；Rummel & Spada，2005；Suthers & Hundhausen，2003；Van Der Pol，Admiraal，& Simons，2003；Weinberger et al.，2005）。上述大多数研究主要是通过"编码与计数"分析数据：将互动分类，以及/或是测量学习结果，并用统计方法比较小组平均数，以便得出控制变量如何影响小组的效果或小组的平均水平，最后得出结论。这些研究并不直接分析主体间的学习表现。其实这种分析必须检验一些特定的互动案例的结构和意图，而不仅仅是计数并累加各种类别的行为。

民族志方法论的传统（CSCL 中应用的实例如 Koschmann et al.，2003；Koschmann et al.，出版中；Roschelle，1996；Stahl，出版中）更适合用于**描述性**案例分析，通常采用学习者或学习共同体其他成员的影音或交谈记录来揭示小组成员完成学习的方法。而扎根取向（grounded approach）则是从数据内容中抽取类别，意思是在数据中寻求规律性，而非强加一些理论所建议的类别来分析数据。

这种分析通常是微观的分析，非常细致地研究简短的事件片段。描述性的分析适用于已存在的数量化的结论（例如，一个共同体有时参与一种既定的活动）。然而，作为科学家与设计者，我们想对设计选择下的效果进行因果推论。描述法不擅长对干预的效果提供量化的证据；因果推论是实验法的优势。

实验心理学的传统分析方法忽略了“成员方法”，通过这种方法，可以完成协作学习——主体间的意义建构。但是这并不是说所有的 CSCL 研究应该弃之而走民族志方法论取向，我们更建议在未来采用一种混合的研究方法论（Johnson & Onwuegbuzie，2004）。实验设计仍专注于控制组的差别，但是这些比较只用于微观层面的分析，以了解信息技术如何影响集体意义并为成员所采用。总的来说，互动过程分析已经从“编码与计数”过渡到“探究与理解”实验变量如何支持集体意义建构的方式。这种分析很耗时间，我们应该开发创建学习环境、自动化的可视化功能以及互动日志的查询等工具来辅助研究（见 Cakir et al.，2005；Donmez et al.，2005）；同样，传统分析中，学习结果的测量以及“编码与计数”等方法应该被保留，以便更快了解分析哪些细节会更有价值，然后更加关注对那些细节的分析（见 Zemel，Xhafa，& Stahl，2005）。

迭代设计传统的例子可参考费希尔和奥斯特瓦尔德（Fischer & Ostwald，2005），林耐、霍庇和曼郝波特（Lingnau，Hoppe，& Manhaupt，2003）以及古兹德尔等人（Guzdial et al.，1997）的例子（也见 Barab，本书）。设计取向的研究者将理论与非正式观察辩证统一，并作为负责人参与研究过程，他们会不断地改进用于协调学习与协作的人工制品。他们的研究并非是非量即质的，而可能是“介入性”（quisitive）的（Goldman，Crosby，& Shea，2004）。在学习者使用新软件时，光观察他们的行为是不够的，我们应该探索其他设计的可能，开拓新的领域，发现有前瞻性的特征，让这些特征能在其他方法论下获得更多的研究关注。设计者需要对技术支持的协作学习进行细致分析，以便找出在已设计的人工制品中，到底哪些特征可能与有效的学习相关；在测试一个新科技的介入时，实验法可记录差异的显著性，而描述法则能记录它如何作为媒介对协作互动产生不同影响。民族志方法与实验设计方法两者理论假设的交融与对话，将导致一种改变设计目的的“技术方法论”的诞生（Button & Dourish，1996）。

421

我们应该注意描述方法论的一个潜在限制。如果我们只注重找出小组成员如何实现有效学习的例子，我们有可能忽略大量失败的例子。因为即使要去寻找并不存在的事物，我们也需要明白自己要找什么。只从数据中产生理论却从不应用是不够的，我们可以改进描述法来弥补这一不足。借助分析方法，我们可以在成功的学习案例中找到共同特性，然后我们也许会发现这些特性在那些失败的协作案例中也能找到。既然发现这些原本成功的方法在某些场合不适用，我们接下来便能通过检验情境来发现哪个细节被遗漏或是起了作用。那些独特的、偶发的，并以有趣的方式破坏技术支持的协作的细节，往往能对学习现象提供最深入的见

解，使得我们了解真正发生了什么，并了解很多平时视为理所当然、无法察觉的现象。然而，我们应注意，在一些例子中，虽然互动基础上的协作学习并没有发生，但却常能发现参与者个体完成的其他一些有价值的活动！例如，就参与者而言，与小组建立并保持认同就是了不起的成果（Whitworth, Gallupe, & McQueen, 2000），并且这也是一种情境学习，即使研究者可能最初将这种现象视为“离题”的社会闲谈。

CSCL 未来研究的展望

我们已经看到 CSCL 研究必须关注多重目的与限制。研究成员囊括多个专业和学科，并受过相应的训练。他们带来不同的研究范式，对资料的观点、分析方法、表现风格、何谓严谨和技术词汇等持有不同的观点。研究成员来自世界各地，带着各种文化和语言。CSCL 是一个发展迅速的领域，横跨一些本身也在持续变化的领域（例如学习科学）。尽管这个领域的研究者对“什么是 CSCL”仍然存在分歧，但是他们一直在共同发展 CSCL。以和 CSCL 密切相关的学习理论为例，斯法德（Sfard, 1998）定义了两个宏观但相互对立的学习隐喻：第一个是知识获取隐喻，意指学习就是学习者相互交换存在于脑中的知识的过程。第二个是参与隐喻，意指个人是通过不断深入参与社区的实践而学习的。而利波宁（Lipponen）、哈卡赖宁和帕沃拉（Hakkarainen & Paavola, 2004）在巴雷特（2002）与黑斯特龙（Engeström, 1987）的研究的基础上，提出了第三个隐喻：知识创造隐喻，认为新知识或社会实践是通过协作创造的。因此，我们很难对 CSCL 的理论、方法、研究发现或最佳实践原则作一个很好的、完整的、前后一致的和全面的定义。也许正如斯法德提出的——CSCL 目前正追求一些看似不兼容的研究取向，但我们可以预见：未来可能会朝向更整合、多元的研究途径前进。

CSCL 的研究方法论几乎由实验法、描述法与迭代设计法三种研究取向三分天下。虽然这些方法论有时会交织在同一个研究项目里，但更常见的是分别用在不同的研究上，或是对同一个研究用不同的研究方法。不同研究者有时在同一项目下戴着不同的帽子，标示着不同的研究兴趣与方法。这种情境也许还是可行的：实验研究者致力于找出影响合作行为系数的变量；采用民族志方法的研究者寻找出意义建构中重要的共同活动的规律；而迭代设计法的研究者致力于创新，从而使新技术的潜能不断被创造性地挖掘出来。不久的将来，CSCL 的实验研究者也许会开始关注对描述法研究者关注的现象起主导作用的控制因素（Fischer & Granoo, 1995）；民族志方法的研究者对以技术为中介的意义建构活动的研究也可能会对设计有所启发，设计研究者则可在此基础上设计、评价支持意义建构活动的新兴技术。混合的研究方法促使各方法之间相互支持，也促进了更紧密的协

作，例如，对于了解实验操作与新设计的含义这类问题，可应用丰富的描述性的分析方法，或是通过计算机支持开展我们研究者自己的意义建构活动。

CSCL 研究者组成了一个研究共同体，正积极地寻找新途径以促进对 CSCL 的设计、分析与应用。许多来自学习科学的研究方法对分析 CSCL 似乎有用。有了从同类学科获得的适用的理念、方法与功能性后，CSCL 下一阶段可以针对分析主体间性的意义建构的社会活动这一任务，协作地建构新的理论、方法论与技术来支持协作学习。我们认为，相比个体学习，CSCL 更应该关注协作小组中的意义建构活动，以及用于支持互动的技术制品的开发。这一建议是否可以为 CSCL 带来一个完整一致的理论架构和研究方法体系，我们拭目以待。

参考文献

Baker, M., & Lund, K. (1997). Promoting reflective interactions in a CSCL environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 13, 175 - 193.

Bereiter, C. (2002). *Education and mind in the knowledge age.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bruce, B. C., & Rubin, A. (1993). *Electronic quills: A situated evaluation of using computers for writing in classrooms.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bruffee, K. (1993). *Collaborative learning.* Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Button, G. Y., & Dourish, P. (1996). *Technomethodology: Paradoxes and possibilities.* Paper presented at the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '96), Vancouver, Canada.

Cakir, M., Xhafa, F., Zhou, N., & Stahl, G. (2005). *Thread-based analysis of patterns of collaborative interaction in chat.* Paper presented at the international conference on AI in Education (AI-Ed 2005), Amsterdam, Netherlands.

Cole, M. (1996). *Cultural psychology: A once and future discipline.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Crook, C. (1994). *Computers and the collaborative experience of learning.* London, UK: Routledge.

Cuban, L. (1986). *Teachers and machines: The classroom use of technology since 1920.* New York: Teachers College Press.

Dillenbourg, P. (Ed.). (1999a). *Collaborative learning: Cognitive and computational approaches.* Amsterdam: Pergamon, Elsevier Science.

Dillenbourg, P. (1999b). What do you mean by "collaborative learning"? In P. Dillenbourg (Ed.), *Collaborative learning: Cognitive and computational approaches* (pp. 1 - 16). Amsterdam: Pergamon, Elsevier Science.

Dillenbourg, P. (2005). Designing biases that augment socio-cognitive interactions. In R. Bromme, F. Hesse, & H. Spada (Eds.), *Barriers and biases in computer-mediated knowledge communica-*

tion—and how they may be overcome. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

Dillenbourg, P., Baker, M., Blaye, A., & O'Malley, C. (1996). The evolution of research on collaborative learning. In P. Reimann & H. Spada (Eds.), *Learning in humans and machines: Towards an interdisciplinary learning science* (pp. 189 - 211). Oxford: Elsevier.

Donmez, P., Rose, C., Stegmann, K., Weinberger, A., & Fischer, F. (2005). *Supporting CSCL with automatic corpus analysis technology.* Paper presented at the International Conference of Computer Support for Collaborative Learning (CSCL 2005), Taipei, Taiwan.

Dwyer, N., & Suthers, D. (2005). *A study of the foundations of artifact-mediated collaboration.* Paper presented at the international conference of Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL 2005), Taipei, Taiwan.

Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research.* Helsinki, Finland: Orienta-Kosultit Oy.

Fischer, K., & Granoo, N. (1995). Beyond one-dimensional change: Parallel, concurrent, socially distributed processes in learning and development. *Human Development*, 1995 (38), 302 - 314.

Fischer, G., & Ostwald, J. (2005). Knowledge communication in design communities. In R. Bromine, F. Hesse & H. Spada (Eds.), *Barriers and biases in computer-mediated knowledge communication—and how they may be overcome.* Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

Garfinkel, H. (1967). *Studies in ethnomethodology.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Goffman, E. (1974). *Frame analysis: An essay on the organization of experience.* New York: Harper & Row.

Goldman, R., Crosby, M., & Shea, P. (2004). Introducing quisitive research: Expanding qualitative methods for describing learning in ALN. In R. S. Hiltz & R. Goldman (Eds.), *Learning together online: Research on asynchronous learning networks* (pp. 103 - 121). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Gruber, S., Peyton, J. K., & Bruce, B. C. (1995). Collaborative writing in multiple discourse contexts. *Computer-Supported Cooperative Work*, 3, 247 - 269.

Guzdial, M., Hmelo, C., Hubscher, R., Newstetter, W., Puntambekar, S., Shabo, A., et al. (1997). *Integrating and guiding collaboration: Lessons learned in computer-supported collaboration learning research at Georgia Tech.* Paper presented at the international conference on Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL '97), Toronto, Canada.

Hanks, W. (1996). *Language and communicative practices.* Boulder, CO: Westview.

Heritage, J. (1984). *Garfinkel and ethnomethodology.* Cambridge, UK: Polity Press.

Hicks, D. (1996). Contextual inquiries: A discourse-oriented study of classroom learning. In D. Hicks (Ed.), *Discourse, learning and schooling* (pp. 104 - 141). New York: Cambridge University Press.

Hoadley, C. (2005). *The shape of the elephant: Scope and membership of the CSCL community.* Paper presented at the international conference of Computer-Supported Collaborative Learning

(CSCL 2005), Taipei, Taiwan.

Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed methods research: A research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33 (7), 14 – 26.

Kienle, A., & Wessner, M. (2005). *Our way to Taipei: An analysis of the first ten years of the CSCL community.* Paper presented at the international conference of Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL 2005), Taipei, Taiwan.

Koschmann, T. (Ed.). (1996a). *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Koschmann, T. (1996b). Paradigm shifts and instructional technology. In T. Koschmann (Ed.), *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm* (pp. 1 – 23). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Koschmann, T. (2002a, April). *Dewey's critique of Thorndike's behaviorism.* Paper presented at the AERA 2002, New Orleans, LA.

Koschmann, T. (2002b). Dewey's contribution to the foundations of CSCL research. In G. Stahl (Ed.), *Computer support for collaborative learning: Foundations for a CSCL community: Proceedings of CSCL* 2002 (pp. 17 – 22).

Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Koschmann, T., Hall, R., & Miyake, N. (Eds.). (2002). *$CSCL_2$: Carrying forward the conversation.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Koschmann, T., Stahl, G., & Zemel, A. (in press). The video analyst's manifesto (or the implications of Garfinkel's policies for the development of a program of video analytic research within the learning sciences). In R. Goldman, R. Pea, B. Barron, & S. Derry (Eds.), *Video research in the learning sciences.* Mahwah, NJ: Lowrence Erlbaum Associates.

Koschmann, T., Zemel, A., Conlee-Stevens, M., Young, N., Robbs, J., & Barnhart, A. (2003). Problematizing the problem: A single case analysis in a dPBL meeting. In B. Wasson, S. Ludvigsen & U. Hoppe (Eds.), *Designing for change in networked learning environments: Proceedings of the international conference on computer support for collaborative learning (CSCL '03)* (pp. 37 – 46). Bergen, Norway: Kluwer Publishers.

424

Lave, J. (1991). Situating learning in communities of practice. In L. Resnick, J. Levine, & S. Teasley (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition* (pp. 63 – 83). Washington, DC: APA.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation.* Cambridge: Cambridge University Press.

LeBaron, C. (2002). Technology does not exist independent of its use. In T. Koschmann, R. Hall, & N. Miyake (Eds.), *$CSCL_2$: Carrying forward the conversation* (pp. 433 – 439). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Levinson, S. C. (2000). *Presumptive meanings: The theory of generalized conversational implicature.* Cambridge, MA: MIT Press.

Lingnau, A., Hoppe, H. U., & Mannhaupt, G. (2003). Computer supported collaborative writ-

ing in an early learning classroom. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19 (2), 186 - 194.

Lipponen, L., Hakkarainen, K., & Paavola, S. (2004). Practices and orientations of CSCL. In J. -W. Strijbos, P. Kirschner, & R. Martens (Eds.), *What we know about CSCL: And implementing it in higher education* (pp. 31 - 50). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Newman, D., Griffin, P., & Cole, M. (1989). *The construction zone: Working for cognitive change in schools.* Cambridge: Cambridge University Press.

Nicolopoulou, A., & Cole, M. (1993). Generation and transmission of shared knowledge in the culture of collaborative learning: The fifth dimension, its playworld and its institutional contexts. In E. Forman, N. Minnick, & C. A. Stone (Eds.), *Contexts for learning: Sociocultural dynamics in children's development.* New York: Oxford University Press.

O'Malley, C. (1995). *Computer supported collaborative learning.* Berlin, Germany: Springer Verlag.

Rommetveit, R. (1974). *On message structure: A framework for the study of language and communication.* New York: Wiley & Sons.

Rorty, R. (1974). *Philosophy and the mirror of nature.* Princeton, NJ: Princeton University Press.

Roschelle, J. (1996). Learning by collaborating: Convergent conceptual change. In T. Koschmann (Ed.), *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm* (pp. 209 - 248). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Roschelle, J., & Teasley, S. (1995). The construction of shared knowledge in collaborative problem solving. In C. O'Malley (Ed.), *Computersupported collaborative learning* (pp. 69 - 197). Berlin, Germany: Springer Verlag.

Rummel, N., & Spada, H. (2005). Sustainable support for computer-mediated collaboration: How to achieve and how to assess it. In R. Bromme, F. Hesse, & H. Spada (Eds.), *Barriers and biases in computer-mediated knowledge communication—and how they may be overcome.* Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

Sacks, H. (1992). *Lectures on conversation.* Oxford: Blackwell.

Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1991). Higher levels of agency in knowledge building: A challenge for the design of new knowledge media. *Journal of the Learning Sciences*, 1, 37 - 68.

Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1996). Computer support for knowledge-building communities. In T. Koschmann (Ed.), *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm* (pp. 249 - 268). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher*, 27 (2), 4 - 13.

Sperber, D., & Wilson, D. (1982). Mutual knowledge and relevance of theories of comprehension. In N. V. Smith (Ed.), *Mutual knowledge.* New York: Academic Press.

Stahl, G. (2002). Rediscovering CSCL. In T. Koschmann, R. Hall, & N. Miyake (Eds.), *$CSCL_2$: Carrying forward the conversation* (pp. 169 - 181). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Stahl, G. (in press). *Group cognition: Computer support for building collaborative knowledge.* Cam-

bridge, MA: MIT Press.

Suthers, D. (2005, May—June). *Technology affordances for intersubjective learning: A thematic agenda for CSCL.* Paper presented at the international conference of Computer Support for Collaborative Learning (CSCL 2005), Taipei, Taiwan.

Suthers, D., & Hundhausen, C. (2003, June). An empirical study of the effects of representational guidance on collaborative learning. *Journal of the Learning Sciences*, 12 (2), 183 –219.

425 ten Have, P. (1999). *Doing conversation analysis: A practical guide.* Thousand Oaks, CA: Sage.

Thorndike, E. L. (1912). *Education: A first book.* New York, NY: Macmillan.

Van Der Pol, J., Admiraal, W., & Simons, R.-J. (2003, June). *Grounding in electronic discussions: Standard (threaded) versus anchored discussion.* Paper presented at the international conference of Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL 2003), Bergen, Norway. Proceedings pp. 77 –81.

Vygotsky, L. (1930/1978). *Mind in society.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Weinberger, A., Reiserer, M., Ertl, B., Fischer, F., & Mandl, H. (2005). Facilitating collaborative knowledge construction in computermediated learning environments with cooperation scripts. In R. Bromme, F. Hesse, & H. Spada (Eds.), *Barriers and biases in computer-mediated knowledge communication—and how they may be overcome.* Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

Whitworth, B., Gallupe, B., & McQueen, R. (2000). A cognitive three-process model of computer-mediated group interaction. *Group Decision and Negotiation*, 9, 431 –456.

Zemel, A., Xhafa, F., & Stahl, G. (2005, September). *Analyzing the organization of collaborative math problem-solving in online chats using statistics and conversation analysis.* Paper presented at the CRIWG International Workshop on Groupware, Recife, Brazil.

第 25 章

427

无线交互式学习设备

——通过新的计算设备随时随地地交互

罗伊·D. 皮，海迪·马尔多纳多

本文中，WILD 这个首字母缩写词是“无线交互式学习设备”（Wireless Interactive Learning Devices）的英文简称。WILD 是一种功能强劲、体积小巧的手持式联网计算机设备。最小的掌上电脑，可以方便地单手操作，用户可以用触摸屏、手写笔或者用两个拇指在掌上电脑（thumb-pad）上打字进行交互。最大的掌上电脑大小与平装书本相近，带有一个可用十指打字的键盘。由于具有物美价廉的特性，因此掌上电脑很受教育者及科学工作者的欢迎。WILD 可以增强学生的计算能力，并且可以随时随地使用，因此 WILD 比台式电脑具有更大的变革性潜力来提供平等、个性化、有效性及参与式的学习。

本章主要阐述 WILD 设备发展的学习、教育、社会、政策及其技术背景。首先介绍这些内容，继而对 WILD 当前的一些研究及商业应用软件进行调查。我们重点关注在使用“WILD 中的技术”把学习整合到活动中去这一方面所付出的努力，而这在以前是无法实现的，主要是由于管理、时间、资金、人口统计学、先前的知识及学术限制等方面的原因。WILD 最独特的优点是既可以为课堂教学增添活力，又可以支持真实世界中的学习，包括正式与非正式的学习环境。最后，从技术融合和社会发展两个角度对可能重塑这个领域的 WILD 进行了回顾。

动机

随着高性能计算机及互联网接入成本的降低，加上教师群体对最新师资标准与技术要求的响应，我们希望全世界的教师会越来越多地在他们的课堂实践中使用计算机。更普遍的一个观点是认为生机比至少要达到 1:1，即所谓的“泛在计算”（ubiquitous computing，Weiser，1991）概念，这里计算机融入了日常活动之中，我们虽然看不见它的存在，但却可以在无意识间毫不费力地利用其数字化优势，以一种省力的方式享受“分布式智能”（distributed intelligence，Pea，1993）的益处。

428

在美国，一些公司和学区（爱迪生学校，203 号地区的伊利诺伊州学校，缅

因州学校）正在为每一位初、高中学生提供手提或掌上电脑。在2001年一次备受关注的推广计划中，弗吉尼亚州的亨利科县公立学校（Henrico County Public Schools，HCPS）成为美国最大的一个为初、高中学生配置电脑的学区——为25 000位六至十二年级的师生配置了电脑。

2003年，在一次关于利用信息技术促进学习的国家研究委员会研讨会中，聚集了K-12的教育者、学习科学家及技术界的权威人士，皮等其他相关人士将1:1的生机比作为发挥计算机支持学习与教育进程潜力的“首要推动力”。由于每个学生拥有一台随时可以使用的个性化联网设备成为现实，所以现在所面临的挑战应该是如何整合学习科学的发展与信息技术的优势来大幅提高学生的学习效果。一些新的研究组织及联盟相继成立，他们携手展望未来，并基于跨国研究提出决策建议，例如G1:1——一个研究一对一计算机教育应用的全球协作研究者网络（http://www.g1on1.org/，访问时间：2005-07-31）。

为什么是掌上电脑或WILD学习？

掌上电脑推动了学校中技术应用的平等性、交互性、网络化、个性化趋势。掌上电脑比高中数学课中通常使用的图表计算机器还要便宜，其突出特点就是用得起、个性化、超便携（Roschelle & Pea，2002；Soloway et al.，2001）。美国有百分之十几的公立学校已经为师生提供用于教学的掌上电脑（Parsad & Jones，2005）。掌上电脑的盛行，主要反映了学校期望将计算机整合到课程中去，而不仅仅在实验室里偶尔使用。这也由SRI主持的“掌上电脑教育先锋项目”（Palm Education Pioneers program）的成功所验证（Vahey & Crawford，2002）：SRI已经收到了竞争100个教学奖项的1 400多份申请。在年末评估中，96.5%的教师认为掌上电脑是一种很有效的教学工具，93%的人认为使用掌上电脑可大幅度提高学生的学习质量。

掌上电脑在学校内外的普及，除了便宜之外，还与以下7个特点密切相关：（1）尺寸与便携性；（2）小的屏幕尺寸；（3）计算能力及模块化的平台；（4）通过无线及红外传输网络的通信功能；（5）适合多种应用情境；（6）支持多台计算机间的同步与备份；（7）触摸屏交互方式。

小尺寸、便携性、应手之物

掌上电脑的名字就隐含了比最轻薄的笔记本电脑更轻便易携的意思，学生可以随时随地使用——可以在野外用探测器收集数据样本——通过将专门设计的探测器指针插入掌上电脑的数据端口，即可检测周围环境的情况，如水体中溶解的氧气（Tinker & Krajcik，2001；Vahey & Crawford，2002）；可以作为校内教育游戏中的环境侦探（Klopfer，Squire，& Jenkins，2002）；还可以在跟朋友聊天时用掌上电脑浏览器上的Google搜索问题答案。在野外使用探测器是初、高中使用掌上电脑

最常见的方式——如学生可以带着掌上电脑及探测器到小溪中去检测那里的环境，并将收集到的数据传送到教师的机器中，以用于以后课堂中的图表分析及样本分析。

德国哲学家马丁·海德格尔（Martin Heidegger）首次提出了“**应手之物**”（zuhanden，ready-to-hand）这一复杂观点，来形容以工具作为中介与世界进行交互的方式，这些工具的设计是要引导我们关注任务的达成，而不仅仅是关注工具的本身（Heidegger，1927/1973；Winograd & Flores，1987）。掌上电脑是应手之物，因为它们的尺寸、特性与软件通过编码、塑造（shape）和重组日常任务为我们提供指导，并增强活动的效果（Pea，1993）。

罗斯切利和皮（Roschelle & Pea，2002）描述了这种小型的掌上电脑如何将教师从“讲台上的圣人”（以教师为中心的教学）和“站在边上指导者”（教师指导下的探索）这两种对立的教学范式中解脱出来，而如果使用台式电脑的话，当几个学生聚在一起浏览与使用时，教师无论从教学角度还是物理空间上，都很难参与。在配备了掌上电脑设备的课堂上，教师可以像乐队指挥那样去管理班级：主要关注整体的表现，观察其起伏的动态，在需要时对特定的学生加以指导。一些WILD应用程序采用了这一新式的“课堂的管理者”思想：教师的计算机里提供了观察整个课堂布局的视图，每个学生及其在教室中所在的位置以及所在的小组都在此视图中相应地显示出来，同时还可以显示每个学生手持设备的活动信息（实例见Goldman et al.，2004）。教师一看屏幕上学生设备的颜色就可以大致知道有多少人正在参与活动、多少人正在连接网络或是处于空闲状态（见图 25.1）。教师由此可以了解每个小组参与的活动的状态——甚至可以查看学生屏幕中的内容并提供指导。

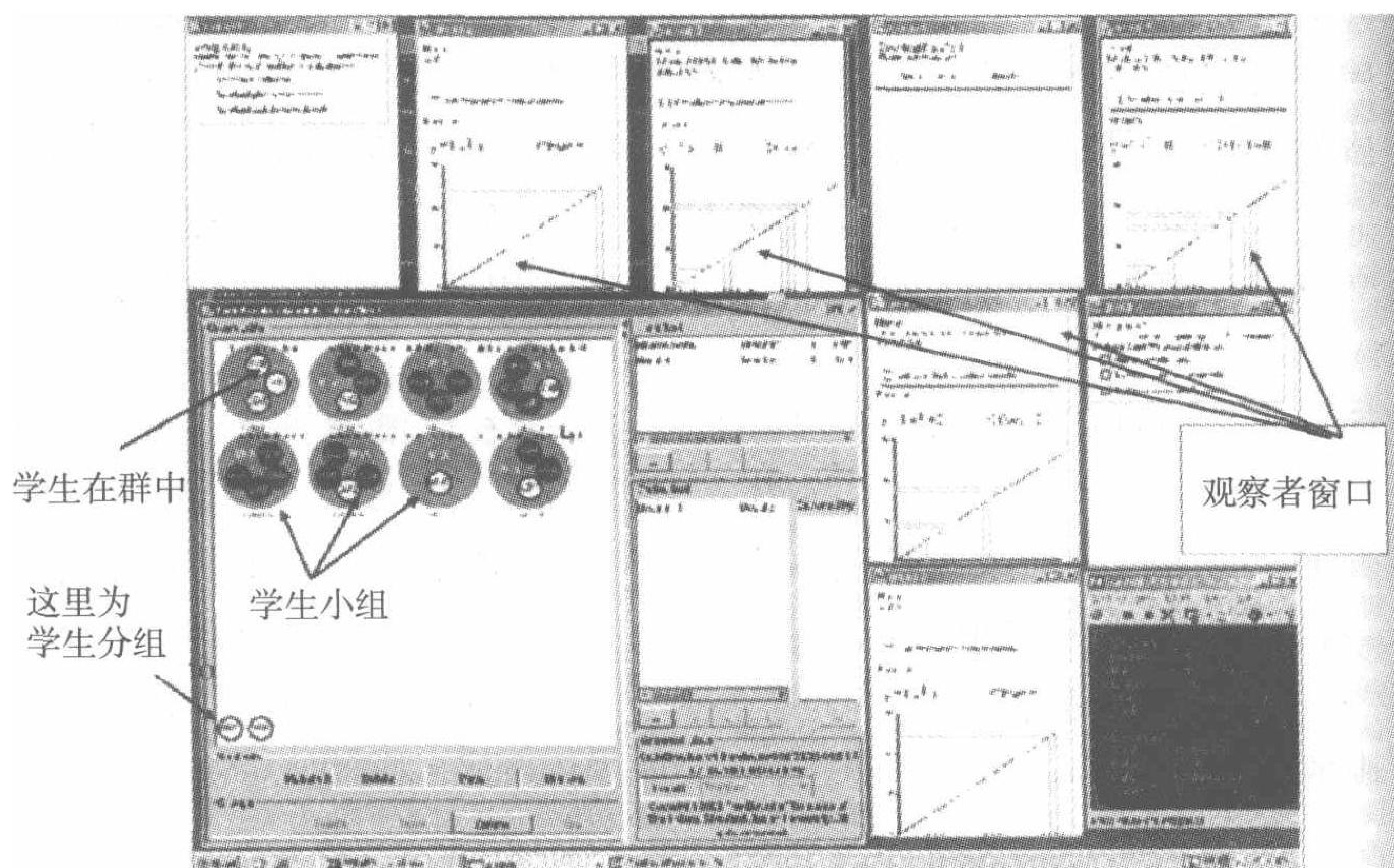


图 25.1　斯坦福大学 CodeIt！项目中教师的视图，显示了课堂的活动：学生们主动连接到系统中（圆圈的颜色），他们在小组中的任务（圆圈的位置）以及小组的当前进程（通过观察者的窗口显示）。

小型屏幕

掌上电脑不会占用太多的课桌空间，从而会给学生留有足够空间来放书和记事本，相反，笔记本电脑却要占用大部分空间。当然，这种适合掌上操作的屏幕会不利于有些学习活动的有效开展，比如：长时间阅读篇幅较长的文本可能在大屏幕显示器中更加合适。但是，在一些协作性的应用情境中，这种设备还是很理想的。任何程序转入到掌上电脑平台中，都需要重新进行大的改变设计，而不仅仅是缩小屏幕与图像，对学习程序来说更是如此，因为它需要对复杂的任务提供全面的支持（Luchini，Quintana，& Soloway，2004）。此外，文章及图像必须按比率均衡分布，以保持其可读性。界面的设计要尽可能有效保证屏幕的可显示区域，类别的组织可以采用滚动条，也可以用选项卡或是菜单来区分不同屏幕的任务。

尽管掌上电脑屏幕比较小，但其联网功能允许它们以图格、方程式及数据表格等不同符号表征方式来显示信息，并在小组中共享屏幕图像（Goldman，Pea，& Maldonado，2004）。此外还可以将几个掌上显示器加以拼接，以获得更大的可视空间进行互动和学习［如罗斯切利和米尔斯（Roschelle & Mills，1999）提出的低成本手持式数学协作学习工具的设计概念 CILT's DateGotchi，以及曼德里克等人（Mandryk，2001）建议的拼接式显示器］其他的一些研究，如斯坦福大学 BuddyBuzz 项目①也在探索如何使用快速序列显示技术（RSVP）以快速连续的屏闪（flashing on-screen）方式显示文档内容，每次显示一屏，并控制切换的速度以保证用户可以读完屏幕内容，所以在有些情况下会比通常显示速度快好几倍。然而，虽然小屏幕同时显示的信息较少，但它比大尺寸的桌面显示器更容易在小组中共享，学生倾斜一下他们的屏幕就可以共享内容，在此同时他们还可以进行面对面交流，并感知彼此的非语言行为，这在使用台式机时是无法实现的（见图 25.2）。

大部分学生通过使用流行的便携式娱乐设备及视频游戏机已经习惯在小屏幕上查看与处理信息。自 1989 年 GameBoy 问世以来，任天堂（Nintendo）已在全球出售了 1.9 亿台这种便携式掌上游戏机，最近，这个平台开始应用于一些学校中（Rosas et al.，2003；http://hand-held. hice-dev. org/，访问日期：2005－07－31）。在其中一个研究案例中，罗萨斯等人（Rosas et al.，2003）对智利经济欠发达学校的 1 274 名学生进行了研究，使用专门设计的视频游戏对一、二年级学

430

① BuddyBuzz 是由斯坦福大学劝诱科技实验室（Persuasive Technology Laboratory）的一个小组开发的软件，起源于 20 世纪 70 年代，它基于“高速系列视觉传达”技术构建，能通过快速闪屏帮助读者阅读。——译者注



图 25.2　两组学生在 CodeIt 项目中利用 WILD 开展学习。注意他们如何借用设备尺寸的便利性以及课桌上大量纸质资料进行密切的交流。

生的数学及阅读学习进行支持，在实施的 3 个月中对其进行了超过 30 小时的干预。虽然他们发现在引入实验工具与无实验工具学校的学生间存在显著差异，但在同一所学校中实验组与控制组之间差异却不显著，他们认为这是由于霍桑效应——控制组的教师会为了与游戏式课堂教学竞争而努力提高学习者成绩——而造成的。

今天，随着 GameBoy 的不断更新，双屏 GameBoy、索尼便携游戏机（Play station Portable，PSP）、诺基亚 N-Gage 及其他移动视频游戏主机相继问世，美国 8—18 岁的儿童中有 55% 拥有掌上视频游戏机（Kaiser Family Foundation, 2004）。尽管不少人认为将这些游戏设备改造成教育平台益处多多，但这样的实践还是比较少的（Gee，2003）。新一代的手持设备即将出现，它们具备因特网接入功能，附带了硬盘，也具有 WILD 教育软件的许多模块化特性。

431

计算能力

在计算能力上，2005 年的多功能掌上电脑已经可以匹敌 2000 年的台式电脑或者是 2001 年的笔记本电脑。这一 CPU 处理能力，意味着掌上电脑具有足够的图形处理能力来运行富媒体（media-rich）Web 及桌面应用程序。而且，掌上电脑启动迅速，这与台式电脑和笔记本电脑漫长的启动时间形成了鲜明对比。

连接多种通信网络

掌上电脑可通过无线因特网接入或红外传输进行协作与交流，用户可很容易地进行同伴间或师生间的信息交流（关于多样的应用场景的概述，见 Tatar et al.，2003）。目前你只要轻松地将机器指向接收设备，就可以通过红外线传输或者是 Wi-Fi 网络进行直接通信来控制教室中的视听设备，或者共享应用程序、文

本信息、音频选录、联系人资料、图像及数据等信息（Batista，2001；Myers et al.，2004；Pownell & Bailey，2001）。

无线连接可克服学校中普及因特网连接的难题。在对大多数美国学校的调查中，2003 年有 32% 的公立学校使用无线连接（Parsad & Jones，2005），其中 92% 是高速网络连接，这与 2002 年 23% 的比例相比算得上是跳跃式的增长（Kleiner & Lewis，2003）。随着学校无线连接及网络的不断发展，学生可以在教室中更容易地进行同伴协作或是以教师为中枢的学习（teacher hub-spoke learning），学生使用手持设备访问因特网也变得更为便捷。

获得更多类型的应用程序

掌上电脑对学校吸引力与日俱增，因为它们可以在关键的应用软件上集成传统的管理与日历功能：(1) 桌面工作性应用程序，例如适合小屏幕的文字处理软件；(2) 特殊任务应用程序的功能，例如绘图计算器；(3) 多功能硬件模块，例如科学探测器、摄像头、键盘、全球定位系统（GPS）；(4) 台式电脑，例如供人分享的模拟软件、e-mail 阅读器、网页浏览器；(5) 与其他联网电脑的复杂交互功能。

432

计算机间的数据同步

掌上电脑可作为“瘦客户机”（thin clients）运行网络服务器上的程序，利用这一卫星式的设计，就可以通过台式或笔记本电脑定时同步数据进行备份——恰好满足教育情境中作业布置与上交的要求。

笔式输入设备

从全球来看，人们购买掌上电脑而不购买台式及手提电脑，其关键因素就是它的笔式输入装置。对那些不使用罗马字符的人群，例如日本人，笔式交互是一个重要的特性，它可使学生以手写的形式进行文本的输入，而不需要掌握复杂的键盘输入法。例如，在中国台湾的课堂上使用了没有键盘的平板电脑，就是出于这一目的。

校外学习

截至 2004 年，8—18 岁的美国学生中，有 13% 已拥有可以连接因特网的掌上电脑，大约 39% 的学生拥有手机（Roberts，Foehr，& Rideout，2005）。但按

年龄细分之后，会发现高中学生中，拥有此类设备的学生比率大幅增加：15—17岁之间的青少年有75%的人拥有手机，而2002年的比率只有42%（NOP World，2005），其中超过20%的设备具有多媒体功能（NetDay，2005）。如果你对这一数字感到惊讶，不如再想想美国手机或移动电话的普及程度及青少年拥有这些设备的人数还远远落后于其他很多国家，例如，早在2001年，日本95%的15—24岁的人已拥有可联网的手机（Thornton & Houser，2004）；在新西兰，12—19岁的学生中拥有这些设备的人数也达到75%（NetSafe，2005）。

手机也被认为是进行校外学习的替代设备，因为手机具有组织功能及多媒体功能（Rasmusson et al.，2004），包括照相、录像、和音乐播放等功能，也符合前面提到的WILD的七个特性。手机能运行与掌上电脑相同的管理系统，开发商们在不断地改进其处理器速度、存储容量、屏幕尺寸，并减少它们的体积与重量（Lindholm，Keinonen，& Kiljander，2003），所以很多手机除了电话功能之外，还是一部掌上电脑，并提供全键盘或手写笔进行人机交互。学生可通过手机按自己的意愿随时随地访问学习资源，一些WILD项目自2000年起就一直在探索利用这些日益普及的设备开展非正式学习。例如，一些公司正在提供“学习块”（learning bites）：一些教育内容的微小片段，使用者可以在从事不同活动时获取。

在教育领域，第一个得到开发和商业化运作的手机课程就是语言学习：从SAT词汇到外语学习，均通过语音系统（voice-only systems）和短信服务（SMS）进行分发，用户可在坐地铁、排队或是在家时通过手机接收信息（Prensky，2004；Thornton & Houser，2004）。例如，桑顿和豪泽（Thornton & Houser，2004）发现日本的大学生通过手机接收简单的英语词汇课时，他们学习的愿望要比在纸上或网上接收同样的内容更加强烈。

WILD也成为长期或定期的健康行为矫正项目的首选目标，因为它们能随时检测与衡量情境信息，并在关键的决策时刻，提供即时建议或是补救措施。最受欢迎的掌上电脑软件包括保持体重的方法（卡路里的计算及辅助性的锻炼）、戒烟和控制慢性疾病，如哮喘、糖尿病和高血压。

433

在小块教学与健康行为矫正项目中，在设计WILD设备的介入主式时有一些共同的地方，比如**中断**及情境。中断是指判断什么时候比较适合打断用户并提供建议，以及如何监测学习何时被真实世界里需要使用者注意的事件所打断。“情境”主要指掌上电脑感觉用户的位置及参与的活动等隐含信息的能力。有几个项目正在研究如何利用掌上电脑的GPS模块以及移动通信服务商提供的位置信息，提供与用户当前所在位置相关（有时也结合先前访问地点的相关记录）的学习服务。这类具有情境感知功能的WILD应用的例子主要有**旅游指南**（tour guide）（Abowd et al.，1997）和根据用户的位置提供相应的学习内容的**位置感知语言学习程序**（location-aware language learning application）（Ogata & Yano，2002），推动大学中的研究伙伴的**非正式会议**（facilitating informal meetings）

（Griswold 等，2002）和**数字化来装备野外考察**（digitally augmenting field trips）（Rogers et al.，2004；Williams et al.，2005）。

莱茵戈德（Rheingold，2002，p. xv）是这样评述这些额外的情境感知能力的：

> 掌上设备可以检测到数英尺以内的范围目标，无论你是在邻居家或是在自己房间里，还是在其他地区。可移动性、多媒体以及位置感知这些功能升级的价值并不是简单的累加，而是相乘。同时，它们的成本也大大降低……这些具有可移动性、情境感知及因特网接入功能的设备的驱动力包括：摩尔定律（计算机性能越来越强，但它们的成本越来越低）、梅特卡夫定律（随着网络节点的增加，网络的利用价值越来越高）以及里德定律（随着使用网络的群体数量不断增加，网络的功能迅速增强，尤其是社会性网络）。摩尔定律推动了个人计算机（PC）发展及由此引发的文化变革，梅特卡夫定律推动了因特网的发展，而里德定律则推动了移动与泛在网络（mobile and pervasive Net）的发展。

其他一些非正式学习情境如**博物馆**和**展览馆**里也越来越多地使用掌上电脑。掌上电脑可以就特定的展品提供深入的讲解以及额外的参考资料，还可为将游客在博物馆的参观路线形成连续的网上跟踪记录，罗斯切利和皮（Roschelle & Pea，2002）将 WILD 的这种应用称为"行为变成制品"（act becomes artifact）。学校和家庭都可以借这一记录功能，来组织日后的经验讨论、反思习得的概念及与他人分享一些纪念图片。掌上电脑也是博物馆导游的有效辅助工具，可用来在游客提问时查询相关内容、即时展示一些远程的展品、汇报问题或是收集相关的数据；此外，还可以通过小块教学进行即时工作培训（Hsi，2004）。

另外一个利用 WILD 将行为变成制品的例子是网络日志，或者通常所说的**博客**，它允许用户从任何设备上将多媒体信息发布到网上，而且几乎不需要技术培训。博客类型广泛，从主题讨论到青少年的日记，博客正以爆炸式的速度发展，同时使得信息发布权利的分布更加民主：从揭露商业机密到报道战区的突发新闻，它们已经成为学习者进行评估、处理及投稿的另一个信息来源。由于主要通过移动设备进行访问与更新博客，这些博客已经被冠名为"**移动博客**"，移动通信的服务商正在抓紧部署一体化服务来迎合这些初露头角的博客作者的需求。

434

每个人或者说任何人只需要使用手机就可以通过网络发布信息；移动无线交互设备使媒体制作更加民主化了。内置摄像头已经成为掌上电脑及手机中最普遍的配置之一，据预测，2009 年其数目将由 2004 年的 1.78 亿个增加到 8.6 亿个，或者占销售量 89% 的移动电话将内置摄像头。几个著名的移动图片博客的社区已在网上出现（http://www.rabble.com/和 http://www.textamerica.com/，访问

日期：2005－07－31），读者可以借助社会性网络的特性，通过协作推荐，找到自己感兴趣的内容。尽管将博客作为创新性写作与协作批判的论坛已经应用甚广，但目前尚未有博客应用于学习的实证研究面世。然而，我们坚信，只要保证其中的一些隐私及安全性问题，这些趋势必将导致掌上电脑对学习及教育产生巨大影响，因为博客已被证明是表达个人观点及政治言论的有力工具。

学校和课堂

我们已了解了当前在课堂外使用 WILD 技术的一些应用，这些项目具有或显见或内在的教育目的；然而它在校园之内的应用，却还需要我们更多的努力。WILD 在课堂中的应用有两个关注的焦点：首先是影响手持设备引入学校决策的三个评估维度：**低成本**（前面已经讨论过）、**潜在的受众及与课程的联系**。在这里我们将简单介绍需求及与课程的关系，然后集中介绍 WILD 给课堂实践创新的五个关键应用层面带来的好处（Roschelle & Pea，2002）。

第二个评估维度是目标受众。创新首先是迎合教师的需求，还是管理者的需求？它关注学生吗，是关注学生个体，还是学生在小组中的协作？商业的 WILD 应用程序可使学校和班级的管理工作更便捷有效。一些公司，如 Media-X 系统公司、GoKnow、Wireless Generation、ETS 和 Houghton Mifflin 针对学校的管理工作开发了专门的应用程序——从通过掌上电脑红外线功能共享日程安排，在会议中获取数据，再到快速地检查某个学生的课程表、记录、照片或者其父母的联系方式。教师可以利用它们将学生的作文与网上的文章进行对比，标出潜在剽窃的部分进行评阅。一些公司已开发出专门用于手持设备的评估软件，范围涵盖所有年级所有学科：从为低年级诊断阅读困难而开发选项式、菜单式的简单评估，到在不同的学科与教师之间共享学生的进度，再到学生评估及年级课程辅导——特别是一些非讲授形式的学科，如体育、实验及学生实地考察旅行（COSN，2004）。

大多数课堂使用的应用程序都关注学生个体的需求，而我们更关注 WILD 应用来促进深层理解、探究过程以及协作问题解决，不管是小组内的还是整个课堂内。在学生应用程序领域，我们的评估纬度主要关注技术在课程中介入的密切程度。有的应用程序针对具体的课程进行开发，除了提供匹配州和学区教育目标的教学单元外，还提供教师培训与专业发展材料。在其他情况下，技术与课程的关联程度通常不是很大，并且在学校中主要作为扩展材料与课外活动来使用。

从组织管理工具到便携式课程材料，到记录及存档黑板上的内容，再到记录及聆听课堂讲授的音频，种种原因使教师越来越支持为学生提供掌上电脑。例如，杜克大学为 2004 级的新生每人提供了一部 iPod——一个带有相当大的硬盘存储器的数码音乐播放器，音乐之外的学科慢慢地也开始使用音频材料支持教学：有些课程通过这一设备为学生提供新闻、语言学习、访谈、实地数据采集、

435

信号分析及其他一些用途。

我们对那些强调探索过程、社会建构主义理论及分布式认知设计（distributed cognition designs）的应用软件尤其感兴趣，因此，尽管适合个人使用的应用软件很多，我们还是更关注那些强调学生协作的应用软件。罗斯切利和皮（Roschelle & Pea，2002）区分了学校中使用手持设备在五个应用层面的支持作用（affordance）：（1）通过信息交流（information exchange）拓展实体空间，（2）均衡拓扑空间，（3）将个别参与的学生聚集起来，（4）管理课堂教学，（5）将行为变成制品。

通过信息交流拓展实体空间

第一个支持，即通过信息交流拓展实体空间，包括进行信息交换的活动。其中一个应用是使用**参与式仿真**（participatory simulations）来学习的分布式系统，每个学生通过自己的设备，作为一个复杂的仿真系统的“代理”或是概念实体接入到系统中：交通模拟中一辆行驶的车，或是一个与病毒性疾病接触的人（如，Colella，2000；Wilensky & Stroup，1999）。在参与式仿真中，学生之间的信息交流，是在与其他人对病毒传播或突发行为的共同探究与分析过程中进行的交流。另一个这种类型的应用程序例子是探测器——通过高科技的探测模块，能增强掌上电脑的数据收集能力（之前已提及过），以及在野外的其他用途，如拍照、通过无线网络将野外的样本与在线数据库进行匹配（如，Chen et al.，2004）。

均衡拓扑空间

罗斯切利和皮（Roschelle & Pea，2002）也提及了两种均衡拓扑空间的方式：第一种是手持设备与真实世界之间的**地理位置映射**（geospatial mapping），通常应用于导航和情境感知等领域；第二种是**非完全空间表征**（semiospatial representation），在这里拓扑空间与真实世界的空间特征不能一一映射（标注的节点除外）。非完全空间表征包括笛卡尔坐标图及其他图像、概念图、流程图和非地理网格（non-geo-gridded）信息图形。WILD 应用程序所使用的非完全空间表征方法包括概念图工具，如 GoKnow 公司开发的 PiCoMap（Royer，2004）和 Pocket Model-It（Luchini，Quintana，& Soloway，2004），卡普和罗耶的数学学习软件 SimCalc（Roschelle，Penuel，& Abrahamson，2004）和化学建模与动作演示软件 Chemation（Scott et al.，2004）。

掌上电脑在非完全空间表征方面与课程和教师发展最为紧密的是 CodeIt！程序（Goldman，Pea，& Maldonado，2004；Goldman，Pea，Maldonado，Martin，& White，2004），此程序能让学生通过与数学功能的多种表征方式（有序数对、图表、方程式、圆周率表）进行交互来发展严密的代数能力。CodeIt！程序受到了

课程单元“代码公司”（Codes. Inc）的启发，它由中学数学应用程序项目（Middle-School Mathematics through Applications Project，MMAP）开发，MMAP 被认为对教师开发重视技术并基于应用的课程材料很有帮助（Lichtenstein，Weisglass，& Erickan-Alper，1998）。

436

CodeIt！的设计情境是现实世界中的加密术。学生们团队合作，一起观察和分析一种表征方式的变化如何影响其他表征形式，以及其他学生手持设备中的表征方式。对这一程序的试点评估取得了积极的结果，尽管各组组员的年龄、先前的代数知识及社会经济背景极其不同。对参与实验的六组学生中的四组学生进行研究，发现他们均取得了显著的进步，在某些情况下，学生的成绩提高了 15%—30%。学生在相关评估指标与函数图像方面取得了显著成绩，表明了掌上电脑支持非完全空间表征的效果。在一道图像测试题中，44% 的学生能正确回答后测试题，而对照组只有 13% 的学生通过后测，总体来说，研究者认为从前测到后测平均增长了 8 个百分点。

学生融合

罗斯切利和皮认为 WILD 第三个应用层面的作用是可以聚合所有学生的数据。例如，在 ClassTalk 软件（Roschelle，Penuel，& Abrahamson，2004）中，学生通过 WILD 提交的多选题答案，最终将被聚合为一个柱状图，并通过投影公开展示供全班讨论及反思常见的迷思概念。前面我们已提及过两个评估维度——目标受众、与课程的联系——而能聚合学生信息的商业应用软件程序为我们提供了第一个评价指标的最佳例证：成本。有些强调聚合学生输入与参与信息（有时是匿名的）的掌上电脑解决方案，其主要的设计目的是为了实现成本效益的最优化，如 ETS Discourse 及 eInstruction。那些名为课堂反应系统、课堂教学体系或者课堂交流体系的追求成本效益最优化的系统只提供了有限的功能——以类似电视遥控器的方式“点击”按钮，通过共享的显示屏展示所学的概念、传统课堂忽略的信息，并形成课堂范围的共识。

这些系统能帮助教师将教学的关注点置于那些对班级整体作为学习的基本单位最为重要的问题上。就这一方面来说，这些系统通过提供比平常教学更多的反馈，能相应地提高师生的学习效果（Davis，2003），从而为应对形成性评估（Means，本书）提供强有力的学习干预。例如，大班教学的指导老师能对讲课的速度及其中的问题得到一些实时的反馈，从而调整其讲课方式。尽管在共享的显示屏上有些答案是匿名的，但是每个学生的反应都已被记录下来，而且与相关的在线内容链接，供学生以后在网上回顾，伯克利数字化学项目（Berkeley Digital Chemistry Project）就是这么做的（Cuthbert et al.，2005）。

这种技术的使用往往能扩展学生的知识量，增强其动力并促进参与的积极

性。尽管如此，通过完善的 WILD 设备，学生还能以更加丰富的方式与复杂的主题进行交互，研究者将这一方式称为“CATAALYST”技术——一种聚合课堂活动、评估学习及学生思想的技术（Penuel et al.，2004）。在数学及科学课上使用的网络技术已被证实能促进学生的课堂交流、促进学生积极参与、增添乐趣、改进学生的学习方法，主要是通过教师的实践教学改善 WILD 应用程序的性能（Roschelle，Abrahamson，& Penuel，2004，对这些效能的文献进行了评论）。

将展示内容投影到公共的显示区域，不仅能促进教育公正、增进学生参与程度、提高学生的受支持感，还能使全班每个学生形成共同关注的认知及概念，而不仅仅局限于自己单独的活动及个人资料。这种集中显示方式“视课堂为一个分布式系统，它支持个体进行相对简单的数学学习行为，并最终形成较为复杂的小组层面的数学和科学建构”（Penuel et al.，2004，p. 5；也见 Hegedus & Kaput，2004）。

437

控制课堂表现

WILD 也给予了教师控制者的角色。然而，协调与引导学生的平衡发展（parallel），以使变革性的学习会话成为常规（Pea，1994），就需要较高的管理艺术。大多数前文述及的 ATAALYST 活动，通常都是从教师设计并提出问题开始，然后再精炼典型的回答。一些大学里的大班课程允许学生向讲师反馈信息，教师和学生都可以发起这种反馈。上课时，包含听课疑问的学生反馈会集中显示到教师的显示屏上，这样讲师就可以借此判断何时暂停讲授，或者在较多学生提问时进行答疑（Griswold et al.，2002），而学生也可以随着讲课的进度，不断地对其作出反馈，教师可以在集中显示中立即看到这些内容（Scheele et al.，2003）。

促进行为转变为制品

WILD 能使用户了解自己的学习进程，或是对自己的工作进行监控，以提高教（教师采用前面描述的反馈机制）和学的效果。SRI 的“无线手持式设备促进学习反思”（Wireless Handhelds for Improving Reflection on Learning，WHIRL）项目中，教师是设计团队的一员，他们为学生反思与改进学习实践提供必要的学习工具、搭建脚手架、评估他们的概念理解并进行有意义的数据采集活动。目前 WHIRL 正在南卡罗来纳州的欠发达地区推行（Penuel，Roschelle，& Tatar，2003）。

问题与方向：未来学习的变革性创新

我们不断地在学习科学领域进行实验，同时拓展新的领域，然而我们要号召

同仁和研究者们，在今后的几年间不但要在这些学科相关的领域上继续以新颖的方式保持进展，同时也要重视学习评估。因为被 WILD 快速普及与平均主义目标的热情所笼罩，很少有研究者致力于开发复杂的测量工具，来证明 WILD 在各种活动和课程情境均能改进学生学习。我们需要制定新的标准来评价 WILD 的作用，包括学习和工作成果、兴趣的增长、动机的加强和学习者在与其他人构成的**学习生态系统**(家、学校、社区、虚拟空间：Barron，2004）中身份的确定。

WILD 学习的未来为学习科学开拓了一个令人兴奋的研究前沿。我们认为，有必要平衡两种类型的融合趋势，以推进 WILD 在教学中的应用。首先是信息技术硬件和服务快速发展导致的多维融合，主要受处理能力、存储容量和联网速度的稳定发展等因素的驱动，导致了媒体表现的丰富性，网络的普及化以及智能、个性化的软件服务的产生。从 1990—2003 年，硬件的性能呈指数式的增长：处理速度增长了 400 倍，存储容量增长 120 倍，无线网络连接速度增长 18 倍，而光纤通道带宽增长了 1 万倍（National Research Council，2003）。尽管如此，第二种类型的融合同样将使全世界受益：即企业所追求的技术整合、学习科学领域的研究和发展以及 K－12 教师的实践智慧的融合。

设想一下，若是将这种学习融入到日常活动和交流中，无论是在校内还是校外，从人为设计的教育机构到家庭、社区、工作场所及其他组织中的学习，将会是怎样的一种场景。就像 20 世纪 60 年代国防部（DARPA）资助的研究工作催生了许多我们今天习以为常的核心技术的创新一样（PITAC，2000），我们的目标也应该是能引发大幅度提高教学效果的重大进步。这些试验项目显示了在寻求技术发展与学习科学知识的平衡时，对新工具、新内容和新的教学方法进行融合的可行性，同时初步展示了其潜力。作为研究者，我们一方面需要作为先锋队生活在一个可能创造的未来里，同时还需要向世人汇报在这个可能的未来——即 WILD 技术交织于社会学习系统之中，我们的生活会是什么样（Pea & Lazowska，2003）。要实现未来普及计算机辅助学习这一期望，我们需要团结各个团体和不同领域的专家——高等院校及其教师、学习科学及教育技术领域的研究人员、学科专家、高级的电信专家、教育学院和企业——来计划、创造、探索及支持他们的设计并保持持续的进步。信息和计算机技术正在飞速发展，这将促成教育、研究及技术产业的强强联合，在教育教学的科学与情境基础之上，形成工具、环境与教育实践的新视野并推动创新。这些联盟需要探索系统地进行教育变革的方法——综合考虑学科标准、课程、教学法、评估、教师发展、学校文化和家校联系以及教育技术的使用。这一联盟同样需要促成教育技术的持续、循环的创新，新的原型（prototypes）要基于旧原型应用情况进行设计，这样反馈意见可以在新原型设计时加以改进。

438

参考文献

Abowd, G., Atkeson, C., Hong, J., Long, S., Kooper, R., & Pinkerton, M. (1997). Cyberguide: a mobile context-aware tour guide. *Wireless Networks*, 3 (5), 421 - 433.

439

Barron, B. (2004). Learning ecologies for technological fluency: Gender and experience differences. *Journal of Educational Computing Research*, 31 (1), 1 - 36.

Batista, E. (2001). Debating the merits of palms in class. *Wired News*, Available at: http://www.wired.com/news/school/0,1383,45863,00.html. Accessed August 23, 2001.

Center for Innovative Learning Technologies (CILT). (1998). *DataGotchi Deep Dive.* SRI International. Available at: http://www.cilt.org/images/DataGotchi.pdf. Accessed April 2002.

Chen, Y., Kao, T., Yu, G., & Sheu, J. (2004). A mobile butterfly-watching learning system for supporting independent learning. In J. Roschelle, T. W. Chan, Kinshuk, S. Yang (Eds.), *Proceedings of the 2nd IEEE WMTE2004* (pp. 11 - 18). New York: IEEE Press.

Colella, V. (2000). Participatory simulations: Building collaborative understanding through immersive dynamic modeling. *Journal of the Learning Sciences*, 9 (4), 471 - 500.

COSN (2004). *COSN's guide to hand-held computing in K-12 schools.* Washington, DC: Consortium for School Networking.

Cuthbert, A., Kubinec, M., Tanis, D., Ieong, F., Wei, L., & Schlossberg, D. (2005). Advanced technology for streamlining the creation of ePortfolio resources and dynamically-indexing digital library assets: A case study from the Digital Chemistry project. In *Conference Abstracts and Applications*, CHI 2005, pp. 972 - 987. New York: ACM Press.

Davis, S. (2003). Observations in classrooms using a network of hand-held devices. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19 (3), 298 - 307.

Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy.* New York: Palgrave Macmillan.

Goldman, S., Pea, R., & Maldonado, H. (2004). Emerging social engineering in the wireless classroom. In Y. Kafai, W. Saldoval, N. Enyedy, A. S. Nixon, & F. Herrera (Eds.), *Proceedings of the Sixth ICLS* 2004 (pp. 222 - 230). Mahwah, NJ: Lowrence Erlbaum Associates.

Goldman, S., Pea, R., Maldonado, H., Martin, L., & White, T. (2004). Functioning in the wireless classroom. In J. Roschelle, T. W. Chan, Kinshuk, & S. Yang (Eds), *Proceedings of the 2nd IEEE WMTE*2004. (pp. 75 - 82). New York: IEEE Press.

Griswold, W., Shanahan, P. Brown, S., Boyer, R., Ratto, M., Shapiro, R. B., Truong, T. M. (2002). *ActiveCampus—Experiments in community-oriented ubiquitous computing.* Technical Report CS2003 - 0750, Computer Science and Engineering, UC San Diego, June 2002.

Hegedus, S., & Kaput, J. (2004). An introduction to the profound potential of connected algebra activities: issues of representation, engagement and pedagogy. In *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 3, pp. 129 - 136). Bergen, Norway.

Heidegger, M. (1927/1973). *Being and time.* Trans. J. Macquarrie & E. Robinson. Oxford: Basil Blackwell.

Hsi, S. (2004). I-Guides in progress: Two prototype applications for museum educators and visitors. In J. Roschelle, T. W. Chan, Kinshuk, S. Yang (Eds.), *Proceedings of the 2nd IEEE-WMTE*2004 (pp. 187 - 192). New York: IEEE Press.

Kaiser Family Foundation. (2004). *Children, the digital divide, and federal policy.* September 2004 Issue Brief Henry J. Kaiser Family Foundation.

Kleiner, A., & Lewis, L. (2003). *Internet access in U. S. public schools and classrooms*: 1994 - 2002, U. S. Department of Education, National Center for Education Statistics. NCES 2004 - 011.

440

Klopfer, E., Squire, K., & Jenkins, H. (2002). Environmental detectives: PDAs as a window into a virtual simulated world. In M. Milrad, U. Hoppe, & Kinshuk (Eds.), *WMTE*2002 (pp. 95 - 98). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society.

Lichtenstein, G. Weisglass, J., & Erickan-Alper, K. (1998). *Final evaluation report: Middle-school Mathematics through Applications Project.* Denver, CO: Quality Evaluation Design.

Lindholm, C., Keinonen, T., & Kiljander, H. (2003). *How Nokia changed the face of the mobile phone.* McGraw-Hill.

Luchini, K., Quintana, C., & Soloway, E. (2004). Design guidelines for learner-centered hand-held tools. In *Proceedings of* CHI 2004 (pp. 135 - 142). New York: ACM Press.

Mandryk, R., Inkpen, K., Bilezikjian, M., Klemmer, S., & Landay, J. (2001). Supporting children's collaboration across hand-held computers. In *Extended Abstracts of CHI*2001 (pp. 255 - 256). New York: ACM Press.

Myers, B. A., Nichols, J., Wobbrock, J. O., & Miller, R. C. (2004). Taking hand-held devices to the next level. *IEEE Computer*, 36 (12), 36 - 43.

National Science Foundation. (2003). *Revolutionary science and engineering through cyberinfrastructure: Report of the National Science Foundation Blue-Ribbon Advisory Panel on Cyberinfrastructure.* Arlington, VA.

NetDay. (2005). *NetDay's 2004 survey results.* Available at: http://www.netday.org/news_2004-survey-results.htm (Accessed March 9, 2005).

NetSafe. (2005). *Text Generation survey.* Available at: http://www.netsafe.org,nz/isgnews/Text_Generation.aspx (Accessed February 8, 2005).

NOP World. (2005). *mKids Study.* United Business Media. Available from: http://www.nop-world.com/news.asp? go = news_item&key = 151. (Accessed March 9, 2005)

Ogata, H., & Yano, Y. (2002). Context-aware support for computer supported ubiquitous learning. In J. Roschelle, T. W. Chan, Kinshuk, & S. Yang (Eds.), *Proceedings of the 2nd IEEE-WMTE*2004 (pp. 27 - 34). New York: IEEE Press.

Parsad, B., & Jones, J. (2005, February). *Internet access in U. S. public schools and classrooms*: 1994 - 2003. Washington, DC: US Department of Education, National Center for Education Statistics.

Pea, R. D. (1993). Practices of distributed intelligence and designs for education. In G. Salomon

(Ed.) *Distributed cognitions: psychological and educational considerations* (pp. 47 – 87). New York: Cambridge University Press.

Pea, R. D. (1994). Seeing what we build together: Distributed multimedia learning environments for transformative communications. *Journal of the Learning Sciences*, 3 (3), 283 – 298.

Pea, R. D., & Lazowska, E. (2003). A vision for LENS Centers: learning expeditions in network systems for the 21st century. In Pea, R. D., Wulf, W. A., Elliot, S. W., & Darling, M. A. (2003). (Eds.) *Planning for two transformations in education and learning technology: Report of a workshop* (pp. 84 – 89). Washington, DC: National Academies Press.

Pea, R. D., Wulf, W. A., Elliot, S. W., & Darling, M. A. (2003). (Eds.) *Planning for two transformations in education and learning technology: Report of a workshop.* Washington, DC: National Academies Press.

Penuel, W. R., Roschelle, J., Crawford, V., Shechtman, N., & Abrahamson, L. (2004). *Workshop report: Advancing research on the transformative potential of interactive pedagogies and classroom networks.* Menlo Park: SRI International.

Penuel, W. R., Roschelle, J., & Tatar, D. (2003). *The role of research on contexts of teaching practice in informing the design of learning technologies.* Available from: http://www.project-whirl.org/Downloads/RoleResearch-ContextInforming.pdf (Accessed December 12, 2004).

Pownell, D., & Bailey, G. (2001). Getting a handle on hand-helds. *American School Board Journal*, 188 (6), 18 – 21.

Prensky, Marc. (2004) *What can you learn from a cellphone?* Available at http://www.marcprensky.com/writing/Prensky-What_Can-You-Learn_From_a_Cell_Phone-FINAL.pdf. (Accessed 5 January 2005).

441 President's Information Technology Advisory Committee (PITAC) Report to the President. (2000, February). *Resolving the digital divide: Information, access, and opportunity conference report.* National Coordination Office for Information Technology Research and Development, Washington, DC.

Rasmusson, J., Dahlgren, F., Gustafsson, H., & Nilsson, T. (2004). Multimedia in mobile phones—The ongoing Revolution. *Ericsson Review*, 2, 98 – 107.

Rheingold, H. (2002). *Smart mobs: the next revolution.* Cambridge, MA: Perseus Publishing.

Roberts, D., Foehr, U. G., & Rideout, V. (2005, March). *Generation M: Media in the lives of* 8 – 18 *year-olds.* Henry J. Kaiser Family Foundation.

Rogers, Y., Price, S., Fitzpatrick, G., Fleck, R., Harris, E., Smith, H., Randell, C., Muller, H., O'Malley, C., Stanton, D., Thompson, M., & Wela, M. (2004). Ambient Wood: Designing new forms of digital augmentation for learning outdoors. In *Proceedings of the* 2004 *IDC Building a community* (pp. 3 – 10). New York: ACM Press.

Rosas, R., Nussbaum, M., Cumsille, P., Marianov, V., Correa, M., Flores, P., Grau, V., Lagos, F., López, X., López, V., Rodriguez, P., & Salinas, M. (2003). Beyond Nintendo: design and assessment of educational video games for first and second grade students. *Computers & Education*, 40 (1), 71 – 94.

Roschelle, J. , Abrahamson, L. A. , & Penuel, W. R. (2004, April). *Integrating classroom network technology and learning theory to improve classroom science learning: A literature synthesis.* Paper presented at AERA, San Diego, CA.

Roschelle, J. , & Mills, M. (1999, August). Toward low-cost, ubiquitous, collaborative computing for the math class. Communications of the ACM, 42 (8), 24 - 25.

Roschelle, J. , & Pea, R. (2002) . A walk on the WILD side: How wireless hand-helds may change CSCL. *The International Journal of Cognition and Technology*, 1 (1), 145 - 168.

Roschelle, J. , Penuel, W. R. , & Abrahamson, L. A. (2004). The networked classroom. *Educational Leadership*, 61 (5), 50 - 54.

Royer, R. (2004, February) What a concept! Using concept mapping on hand-held computers. *Learning and leading with technology*, 31 (5), 12.

Scheele, N. , Mauve, M. , Effelsberg, W. , Wessels, A. , Horz, H. , & Fries, S. (2003). The interactive lecture: A new teaching paradigm based on ubiquitous computing. In *CSCL* 2003 *Poster Proceedings*, Bergen, Norway.

Scott, L. , Zimmerman, R. , Chang, H. , Heitzman, M. , Krajcik, J. , McNeill, K. , Quintana, C. , & Soloway, E. (2004) Chemation: A hand-held chemistry modeling and animation tool. In *Proceedings of IDC* 2004*y* (pp. 119 - 120). New York: ACM Press.

Soloway, E. , Norris, C. , Blumenfeld, P. , Fishman, B. J. K. , & Marx, R. (2001). Devices are ready-at-hand. *Communications of the ACM*, 44 (6), 15 - 20.

Tatar, D. , Roschelle, J. , Vahey, P. , & Penuel, W. R. (2003, September). Hand-helds go to school: Lessons learned. *IEEE Computer*, 30 - 37.

Thornton, P. , & Houser, C. (2004). Using mobile phones in education. In J. Roschelle, T. W. Chan, Kinshuk, & S. Yang (Eds.), *Proceedings of the 2nd IEEE WMTE*2004 (pp. 3 - 10). New York: IEEE Press.

Tinker, R. F. , & Krajcik, J. S. (Eds.) . (2001) . *Portable technologies: science learning in context.* New York: Kluwer Academic.

Vahey, P. , & Crawford, V. (2002). *Palm Education Pioneers Program: Final evaluation report.* Menlo Park, CA: SRI International.

Weiser, M. (1991). The computer for the twenty-first century. *Scientific American*, 265 (3), 94 - 100.

Wilensky, U. , & Stroup, W. (1999). Learning through participatory simulations: Network-based design for systems learning in classrooms. In C. Hoadley & J. Roschelle (Eds.), *Proceedings of the 3rd CSCL '99, Stanford University, CA.*

Williams, M. , Jones, O. , Fleuriot, C. , & Wood, L. (2005). Children and emergining wireless technologies: Investigating the potential for spatial practices. In *Proceedings of the* 2005 *ACM Conference On Human Factors In Computing Systems* (CHI 2005) (pp. 819 - 828). Portland, OR. ACM Press.

Winograd, T. , & Flores, F. (1987). *Understanding computers and cognition: A new foundation for design.* Reading, MA: Addison-Wesley.

第26章

443

辩论学习

杰里·安德里森

很多人认为辩论会妨碍学习。他们把辩论和某种类型的对抗式辩论联系在一起，这种对抗式辩论在我们的媒体文化中越来越流行。坦嫩（Tannen，1998）分析了经常在脱口秀（talk shows）节目和政治领域看到的挑衅类型的辩论，其中持有对立观点的双方代表们喋喋不休地互相谩骂。在这种形式的辩论中，其目标不是朝着共同的方向共同工作，而只是为了赢得分数。所有的教师和家长都曾经看到过儿童参与这种类型的辩论，大部分人可能会认为它对教育毫无裨益。

学习科学正在研究一种不同的辩论，我将其称为**协作式辩论**（collaborative argumentation）。举例来说，协作式辩论在科学中扮演着重要角色；科学进步的真正动力不是科学事实的累积而是争论和辩论（Kuhn，1962，1970；Bell，2004）。即使两位科学家不能达成共识，他们仍会分享共同的科学价值观，并且都对达到相同的目标感兴趣。科学中的辩论不是对抗和挑衅，而是一种协作探讨，双方共同工作以解决问题，期待最终达成一致。进行协作式辩论能够帮助学生学会批判且独立地思考重大问题和有争议的价值观。

当学生们在课堂辩论中进行协作时，他们就是在进行**辩论学习**。当辩论被视为一种协作实践时，它就能够帮助学习者达成一系列广泛的重要学习目标。第一，辩论包括阐述、推理和反思。已有的研究表明，这些活动有利于更深层次的概念学习（Bransford，Brown，& Cocking，1999）。第二，参与辩论可以帮助学生了解辩论结构（Kuhn，2001）。第三，因为有效的辩论是协作的一种形式，所以它能更广泛地有益于发展社会觉知和协作能力（Vygotsky，1978；Wertsch，1985）。第四，在工作状态下、家庭环境中以及社会情境里不同群体的人们通常有一个共同的辩论传统，要想有效地参与到这些团队中，需要了解如何适当地与

444

团队中的人们进行辩论（Billig，1987；Koschmann，2003）。这对于处于知识社会中心的基于知识的共同体来说尤其正确，诸如科学家、医生、律师和经理主管人员等高度专业化的群体。

学者们已从哲学、文学和公共演讲等多个角度研究过辩论，但是几乎还没有

关于辩论的教育研究。然而，也有一些学习科学家一直致力于研究辩论的教育功能，本章概括性地介绍了该研究。关于辩论学习的研究能够帮助学习者、教师和研究人员设计出促进协作式辩论的学习环境。首先，我将论述辩论理论，包括辩论方面的词汇和不同观点。紧接着，我将讨论辩论与学习的关系。最后，我将总结以计算机网络（如聊天室、网络新闻组等）作为辩论媒体的学习环境中的学习。

辩论理论

辩论理论（Van Eemeren，Grootendorst，& Snoeck Henkemans，2002）研究论辩的生成、分析和评价，其目的在于制订出判断辩论合理性的标准。描述和评价辩论是学术界最早的一些研究主题。亚里士多德曾划分出不同种类的辩论：说教、辩证、检验和争论。20 世纪的大部分时间中，潜心研究辩论的序列结构的学者占据着主导地位。在这一传统下，人们认为一场精彩的辩论应该具有特定的结构，还有一些学者试图通过分析一个结构良好的句子的句法来确定辩论的“语法”。例如，图尔明（Toulmin，1958）确定了合理辩论的以下几个阶段。

- **论点**陈述立场或结论：“旨在减缓全球变暖的《京都议定书》是必要的。”
- **论据**是论点所基于的事实或观点：“20 世纪以来，由于温室气体的排放，地球温度持续上升。”
- **论证**使用数据来支持论点、提供辩护：“科学家一致认为温度上升再没有其他的原因。”
- **佐证**选择性地提供具体的信息支撑论证：“科学家已明确温室气体如何引发地球表面变暖的大气机制。”
- **修饰**用于提高结论的可信度，指出辩论者所提出的论点的深度：“然而，我们已经发现地球的温度在一段地质年代内会波动，甚至在一些情况下没有什么明显的诱因。”
- **反驳**是对论点提出反例：“如果世界上的国家已经减少了温室气体的排放量，那么就没有必要制定《京都议定书》。”

这种分类方法已具有很大的影响力，尤其是在分析书面辩论上。它简明扼要地描述了合理的推理线索，或者甚至是建设性的调查线索。但是，最近几年，关于辩论的研究已经变得更具有实证性和科学性，文法取向的研究不能够很好地适应协作会话中的辩论形式。范爱默伦和荷罗顿道斯特（Van Eemeren & Grootendorst，1999）注意到，该模式没有考虑到参与（真实世界）辩论的双方，它只考虑到了正方而没有考虑到反方。与此相关的一个问题是，它没有将辩论视为一种会话现象（discourse phenomenon），该现象经常出现在特定的语境及社会环境中。学习科学中，另一个严肃的问题是：语法视角忽视了发展（Leitão，2001），

也忽视了辩论会话中更高层次的问题解决属性（Voss，Tyler，& Yengo，1983）。

学习科学不使用辩论的语法概念，而是吸取了那些将辩论作为一种会话进行分析的学者的观点。例如，**正式论辩术**(formal dialectics)（Barth & Krabbe，1982）将辩论描述为一种正方和反方围绕一个特定的论题进行的对话。**语用论辩术**(Pragma-dialectics)（Van Eemeren & Grootendorst，1992；1999）根据批判性辩论的必要条件而不是根据产生辩论的逻辑规则，来解释正方和反方之间的互动。范爱默伦和荷罗顿道斯特（Van Eemeren & Grootendorst，1999）解释了如何运用语用论辩术来分析辩论会话。在**对话理论**(dialogue theory)（Walton，2000）中，辩论被视为是在对话中的一种迁移，在这个对话中正反双方尝试共同推理。该书描述了六种对话类型——说服、询问、协商、信息搜索、商议和争论术(个人冲突)，这些类型被用作规范性模型，为如何协作地使用一个既定的辩论提供了标准。对话从一个开放的迁移开始，然后每对迁移代表着一个所谓的毗邻对（adjacency pair)。迁移的顺序——正式的对话结构——都为典型辩论而设计，但同时其他辩论活动也发挥着作用。表26.1提供了这种顺序的例子，第一行列举了迁移中的“为什么”（要求给予证明的理由）和“提出辩论”（通过引用另一个命题支持一个命题）。

表 26.1 一个简短对话中的迁移（来源：Walton，2000）

正　方	反　方
1. 为什么我应该接受A?	因为B，如果接受B，那么就应该接受A。
2. 为什么我应该接受B?	因为你之前已接受了。
3. 好吧，我接受B。	你接受“如果接受B，那么就应该接受A”吗?
4. 是的。	那么你接受A吗?
5. 不。	那么你前后不一致了!

辩论与学习

对话理论表明，在辩论学习中，学生一开始并没有尝试劝服彼此，而是参与到解决问题的对话中进行**协作探究**(参见 Walton，1989；Nonnon，1996)。评价用于学习的辩论应该基于其协作价值的基础上，这种协作价值是有利于会话的(Grice，1975)。

贝克（Baker，2004）确定了四种潜在的与有效辩论学习相关的学习机制。这些机制的建立是基于一般性的学习科学发现，这些发现似乎已经被广泛地应用于一系列内容知识中（Sawyer，本书）。

- **明确知识**：提供各种解释或使问题解决行为中的推理过程变得清晰的学习者，在学习上获益最多（Chi & Van Lehn，1991）。辩论提供了许多解释的机会，而且为辩护或具有争论性的辩论做准备能够促进反思，而反思常常能导致更深层学习。
- **概念转变**：就一个问题展开讨论可能导致质疑最初的迷思概念。可以通过辩论来支持概念转变。
- **共同阐述新知识**：在辩论中，学习者共同生成新知识。口头交流的交互性、人际性特征有助于搭建个体学习的脚手架。
- **提高清晰度**：辩论促使学习者准确地阐述问题与观点，并且在辩论中提高、加深清晰度。

446

辩论技巧的发展

理解辩论的能力在发展早期就显现出来。它是从保证个人有意义目标得以实现这一需求中发展出来的。快到 3 岁时，儿童头脑中就形成并理解了辩论的主要组成成分（Stein & Albro，2001；Stein & Miller，1993）。在辩论中选择一个有利的立场来建构详细、连贯的推理，儿童的这种能力会随着年龄的增长而加强。然而，这种发展却不能保证学生能深刻地理解对手，因为辩论知识并不一定是平均分配的（Stein & Bernas，1999）。相对对手所具有的优势来说，一些个体更加了解本方的正面优势。同样，与自身的弱点相比，他们更了解对手的弱点。我们可以训练人们以更加积极而复杂的方式了解反方的立场。但仅仅当他们开始改变自身的立场时，学习者才开始找理由来赞成对方的立场。

用于理解辩论的心智结构（mental structures）与用于理解社会冲突和目标导向（goal-directed）行为的心智结构相关。表现良好的辩论技巧与道德责任和社会责任上的协商性的参与之间，可能出现冲突。这种情况很可能出现：优秀的辩手对对手知之甚少，与之关系更差。接下来的问题是：如何教授一些协商的技巧，从而获得个人及个人间成功，而不是以他人的失败为代价来获得个人成功（Stein & Albro，2001）。这与学习情境中的辩论有直接的联系，因为如果辩论并不是竞争性的话，就能更有效地促进学习。如果我们希望利用辩论来进行学习，学生需要在自信地表明论点与敏感地感知他们的观点对对手的社会影响之间寻求平衡。

致力于推理技巧的辩论学习

在推理过程中，个体从现有的知识出发进行推理，得出一个未知的结论（Voss & Means，1991）。支撑推理的推论与辩论的结构相似，同样，被用于评价推论合理性的标准也被用于评价非正式辩论。正因如此，米恩斯和沃斯（Means

& Voss，1996）得出结论，通过学习像辩论这类的会话结构可以发展非正式的推理能力。辩论促进学生记忆里知识的存取、详细的心理模式的发展。同时，这些认知技巧也有助于推论的产生、问题解决及学习。

库恩（Kuhn，1991）研究了关于辩论和非正式推论方面真正重要的问题：是什么引发罪犯在出狱之后再次作案呢？什么引起学生在学校中学业失败呢？参与讨论者共160人，分四个年龄组（10岁年龄组、20岁年龄组、40岁年龄组和60岁年龄组），他们被要求准备辩论和反驳。库恩对这些参与者进行访谈从而了解他们的因果理论、支持其理论的论据、独自生成可选择的理论的能力以及对他们的理论进行争辩和反驳的能力。

大多数参与者都倾向于进行无效的辩论，他们给出了一系列无关的理由来支持他们的理论。只有16%的参与者能够为他们的理论提供确实的证据。产生的

447

大多数论据被库恩称为**伪证据**(pseudoevidence)；他们不能将理论与论据分开。构思出一种可选择的理论（33%）在某种程度上可以获得更高的分数。发展争辩能力同样至关重要，主题也显示出近似的分数：34%都能根据他们自己或其已有的可选择的理论进行持续的争辩。最后，能够对其自身的理论产生有理有据的驳论的主题占全部话题的21%—32%。

库恩将关于人们辩论技巧的发现与他们的认识论联系起来，认识论是人们所持有的对知识和认识属性的观点。存在两种截然不同的认识。一方面，认识完全忽视其他的可能性［绝对认识论（the absolutist epistemology)］。另一方面，认识是一个持续的、需要付出努力的、永无止境的过程，在这个过程中不断地评价各种可能性［评价认识论（the evaluative epistemology)］。只有一小部分主题（所有话题中的9%—22%的主题）坚持评价认识论。这也就意味着大多数人在辩论中没有使用适当的认识论来进行推理。对于这些学习者来说，为了进一步了解辩论，他们应该具备反思自身思维的能力。

在小组中进行辩论学习

学习科学已表明，教室中的协作式交互常常会引发个体学习（Greeno，本书；Sawyer，本书；Billig，1987；Kuhn & Udell，2003）。而这一点尤其适合于辩论会话。例如，库恩、肖和费尔顿（Kuhn，Shaw，& Felton，1997）让参与者（学生和成年人）写一篇关于死刑的论文，然后让这些学生一连几个星期参与到这个话题的讨论中，之后让其写一篇证明其观点正确的文章。参与者两两之间进行辩论，每场辩论持续10—15分钟。结果显示，在辩论中持续几个星期与不同的搭档进行多样化对话，能大大地提高主题推理中的双边（而非单边的）的、有用的（而不是无用的）辩论次数。

里兹尼茨卡亚（Reznitskaya，2001）基于**协作推理**(collaborative reasoning)

的方法提出了一种讨论的方法，该方法旨在为中小学生提供熟练掌握辩论技巧的机会。协作推理能帮助学生建立**辩论图式**(argument schema) 以及抽象知识结构，抽象知识结构是辩论会话的拓展与延伸。这样一个图式确保能够组织和检索到与辩论相关的信息，有利于生成和纠正辩论，同时也为预先提出反对意见和寻找本人辩论和他人辩论中的错误提供了基础（Anderson & Pearson，1984；Reznitskaya et al.，2001）。

以小组为单位，实验组的五年级学生每周两次对有争议的问题进行讨论，共持续 5 周。讨论中要求学生选择自己的立场（在故事信息的基础上），为自己的观点提供支持的理由和论据。学生从教师那获得指导并相互辩论，提出抗辩和驳论，力求辩明是非。此外，这些学生还在由老师主导的活动中接触到正式辩论策略。同时，学生还通过互联网与其他参与实验的班级进行每周两次的 15 分钟讨论。

可以通过分析一篇基于现实中进退两难的事例的有争论的论文来评价学习。这篇文章在相关的辩论、争辩和反驳方面不错。相比没有体验过协作推理的学生的论文来说，在那些参与过讨论的学生的论文中明显地多出了很多辩论、争辩和反驳以及针对文章信息的参考资料（Reznitskaya et al.，2001）。

通过协作辩论学习

448

辩论是协作学习的众多特点之一，协作学习使小组在促进个体学习方面表现得很有效。基弗、蔡茨和雷斯尼克（Keefer，Zeitz，& Resnick，2000）通过口语课的同伴对话研究辩论。他们的出发点是，陈述、主张和辩论可以理解为（默认）**承诺**(commitments)，即对话的参与者如果受到质疑则必须辩护（Grice，1975；Walton & Krabbe，1995）。这项研究的一个重要贡献是，试图从实证的角度来确定各种不同的辩论类型（Walton & Krabbe，1995）。每一个对话都有一个初始点、一个指定的目标、参与者的各种目标以及达到目标的各种典型方法。在辩论过程中参与者的目标可能改变，这也可能导致对话类型的改变。

在同伴主导的关于理解文学内容的讨论中，最合适的对话类型是**批判性讨论**(critical discussion)。批判讨论的特点有：(1) 开始于分歧意见；(2) 有一个对不同观点进行协调、理解的目标；(3) 一种平衡考虑模式，最有说服力的辩论在其中占据着优势；(4) 参与者以说服他人、共享理解为目标。第二种对话类型是**解释性调查**(explanatory inquiry)，具有以下特征：(1) 以缺少的知识为出发点；(2) 以修正知识为目标；(3) 以累积的方式获得知识；(4) 参与者的目标集中于一个解决方案或一个结论。

对四年级学生参与的 12 组同伴讨论活动（6 个组安排在年初，6 个组安排在年底）进行评价，每次同伴讨论都包括 4 分钟的会话推理。研究者确定了辩论的许多特征，这些辩论在大多数学习中都会存在。最大的影响是会持续地探索一

个问题。为了让问题驱动的批判性对话持续下去，让步（即一个人承认自己正在被说服）在辩论过程中是必要的，这样才能调整一开始出现在对话中的意见分歧。有时，也包括改变一些承诺，要么通过攻击那些支持先前所陈述的结论的辩论来改变，要么通过在那些攻击先前陈述的结论的辩论的基础上发起新的辩论来改变。包含太多质疑（批判性问题或攻击）的对话不一定有结果，因为质疑之后并不总是深入考虑其对一些观点的影响。而那些参与者十分轻易就放弃立场的对话也是没有成效的；这些对话建立在最初陈述的论点上，而没有特别考虑其他的可选论点。

总结：辩论和学习

许多人都不能有效地进行辩论。他们不擅长区分论据和理论，也不倾向于考虑可选择的立场。因为威胁良好关系的社会成本实在太高，人们倾向于不在他们感觉不舒适的情境中争辩。在这一点上可能存在着重要的文化差异；但是在西欧文化背景下，学生就必须明确地参与到学校的有效辩论中。

个人推理能够从辩论学习中获益，然而环境必须为辩论搭建脚手架，以支持越来越多的协作辩论。在协作学习中，辩论活动以其他（共享的）活动为基础；而他们自身不是目标（或者仅仅在反思的片刻，他们才是目标）。通过辩论进行的学习应该植根于协作活动中，并由对理解和共享与他人的理解的需求来驱动。

在电子环境中协作辩论

449 学习科学发现，很多知识在协作中学习更加有效。但是在上一节中，我对那些指出大多数人在进行协作辩论时存在困难的研究进行了综述。技术，尤其是计算机支持的协作学习（CSCL），具有支持有效辩论、引导深层理解的潜能（见Stahl et al.，本书）。在本节中，我将描述几款软件系统，学生可以将其辩论通过计算机输入到这些系统中。这些系统的目标是以某种方式为学生辩论提供**脚手架**，这些方式可能是：为每次对话中每位学生的角色以及他们彼此间的关系提供框架，提供新颖且多样的方法来**表征**和操作辩论结构和内容。这些系统的目标是在某种程度上指导并建构学生辩论的方式，由此来提高辩论意识，最终提高辩论学习的意识。因为我们正在使用辩论知识的新媒介，学习者可能需要具备相当多的经验来使用这些工具，发挥它们的长处。

这一节中我所提到的主题包括：（1）使用对话游戏为辩论搭建脚手架；（2）通过角色分配为辩论搭建脚手架；（3）在计算机支持的协作写作环境中为协商搭建脚手架；（4）通过辩论地图（argument maps）为辩论搭建脚手架；（5）为科学辩论搭建脚手架。

使用对话游戏为辩论搭建脚手架

受到对话理论的启发（Walton，2000，见上），对话游戏理论（Levin & Moore，1980）尝试依据角色和约束来建构参与者的行为，角色和约束是通过一系列有序的动作和参数清楚表明的，这些动作和参数是为了促使参与者某些行为的出现，而这些行为是参与者被预期应该在整个辩论过程中表现出来的。例如麦肯齐氏（Mackenzie，1979）开发出一款名叫 DC 的电脑辩论游戏，该游戏允许用户从界面中选择一种行动步骤及类型。行动步骤包括询问、陈述、质疑、决议和退出。该系统根据预先设定的一系列规则评价贡献。有一些规则界定了某一行动的结果，另一些则界定了某一行动发生的时间。这些规则阻止每一个比赛者回避问题、循环辩论或者没有论据支持自己的论点。

同样是基于对话游戏理论，麦卡利斯特、雷文斯克罗夫特和斯坎伦（McAlister，Ravenscroft，& Scanlon，2004）开发出一种名叫“学术交流”（AcademicTalk）的工具，支持同伴之间的同步辩论。该系统要求学生选择一个句子来发起一个新帖（见表 26.2），然后完成该帖（类似于知识论坛中的脚手架，Scardamalia & Bereiter，本书）。起始句是为了支持辩论而设计的，在整个辩论过程中，特定的开始句会作为建议而着重突显。学生可以通过阅读提供给他们的材料来准备辩论，并在辩论过程中运用这些材料。最后有一个整合阶段，对小组所提出的关键论点进行总结。

对该工具及一款能够让学生在线讨论但没有提供“脚手架”的工具进行对比实验。从由 22 名学生组成的小组中得到的初步结论表明：使用“学术交流”工具的学生能够更加直接地了解他人的立场和想法（提出论点、质疑和反驳），进行更加广泛的辩论。相反，参与普通对话的学生则较少参与辩论，只是简单地交换信息。

表 26.2 “学术交流”中的起始句（McAlister et al.，2004）

告 知	询 问	质 疑
我想……	为什么你认为……呢？	我不同意因为……
让我说明一下……	为什么……？	我不怎么确定……
让我详细说明一下……	你能够详细说明一下……吗？	这是如何相关的呢？
因为……	你能举个……的例子吗？	一个反驳是……
举一个例子……	……是这样情况吗？	一个可供选择的观点是……
我的论据是……	难道我们不需要更多……的证据吗？	有……的证据吗？
		证据有多少可信度……？

续表

推理	证据	主张
因此……	我同意因为……	是
我认为你所说的……	我理解了你的观点……	不
如果……那么这有确实根据的。	而且……	好的
你的假设是……?	是的。	谢谢
因为……所以两者都正确。	观点很好。	抱歉，……
总结……		这样可以吗?
让我们商议一下……		你可以……?
		好的，让我们继续吧。
		我们可以……?
		再见。

通过角色扮演为辩论搭建脚手架

在一门以计算机为交流媒介（computer-mediated communication，CMC）的研究生课程中，皮尔金顿和沃克（Pilkington & Walker，2003）要求学生在三种**辩论角色**中选择一种，这些角色是建立在一项研究的基础上的。该研究指出，当学生被迫选择角色后，学生所选定的角色将引导他们提高辩论推理能力（Mercer，Wegerif，& Dawes，1999）。角色一：学生对他人提供的证据提出质疑，并指出可选择的其他立场或反驳（例如，“不，因为……”，或者“是的，但是……”）；角色二：学生要求他人解释和澄清；角色三：学生提供信息，要么是本能地，要么是为了回答询问。整个课程中，学生定期使用电子设备进行讨论。课程初始，主要是由老师来掌控辩论；老师负责大量辩论文章（27%—42%的质疑都是老师提出来的）。到中期时，学生参与到角色扮演活动中，他们被要求选择三个角色中的任一个；经过这一部分的角色扮演后，就不再涉及角色。即便如此，经过这一环节后，辅导老师为学生辩论搭建脚手架的比例下降到21%—25%；学生逐渐承担起使辩论继续进行下去的责任。随着其他角色使用的增加，内容建构层次（角色三）相应减少。不再将内容建构角色分配明确地分给学生，我们（作者们）将这些下降点看作是一种积极的信号：它导致了更少但更深入的平行讨

450

论思路。活动显示，通过让学生了解辩论中的角色，以及在 CMC 中为他们提供角色扮演的经历，会让他们有所收获。

通过协作写作为辩论搭建脚手架

安德里森（Andriessen, 2003）研究了大学学生协作写作中的辩论角色。学生两人一组写一封关于雇用合同的信给当地政府，从雇员和雇主两个角度来讨论是采用稳定的长期合同，还是采用灵活的临时工作合同这一问题。他们既使用电子通信，也使用共享的文本编辑器。讨论之前，每一个参与者都收到三条（不同的）论据——称之为**给定论据**(given argument)，以激发辩论。研究者深入分析在线对话中所讨论的具体概念以及协作文本中各个概念之间的关系。研究者研究每一个概念何时被讨论（分三个阶段记录），讨论到何种程度，是否被包括在文本中以及何时被包括的。这种概念分析反映了协作文本成果三个阶段的特征：(1) 生成内容（谈话中提出了许多新概念）；(2) 生成文本（许多先前谈话中的概念被放置在文本中）；(3) 完成文本（讨论变少，文本增多）。通过不同的功能（非生成性或辩论性的）和解释说明的程度（粗略、中等、精制）来区分不同的协商。**粗略协商**(Minimal negotiation) 仅仅将辩论的论点放到文本中；**中等协商**(moderate negotiation) 包含了单方辩论的阐述，比如一个简短的解释或某位参与者额外提供的一些论据。仅仅在**精细协商**(elaborate negotiation) 中，含有双方辩论，每一参与者都提出并/或阐述论点。

大多数协商（77.3%）都没有包含明确的一致的意见。即使每一个参与者都收到不同的概念，给定论点也仅仅只是粗略协商的一部分。大多数情况下，任一类型的协商都包括对选择的立场进行辩解这一过程。精制协商只占对话模式的 10.2%，但是如果那些包含给定论点的协商不算在内，精制协商的比例则在 37%—52% 之间，这取决于对话模式的辩论定位（支持或反对主要论点）。最后，每一阶段的协商都不同，这表明复杂学习任务中的辩论是为不同的功能服务的，并且可能需要不同的脚手架。

451

通过辩论地图为辩论搭建脚手架

许多系统都使用当前个人电脑的图形功能展示辩论中各个行动的关系。使用可视化辩论地图为辩论提供脚手架的系统主要包含 CHENE（Chaines ENErgetiques: Tiberghien & De Vries, 1997）、C-CHENE（Baker & Lund, 1997）、CONNECT（Baker, 2004）。CHENE 的设计目的是为了供两个学生协作创作电路图。C-CHENE 为 10 种不同对话行动提供 10 个不同的对话按钮，也为辩论的持续进行提供支持按钮、反对按钮和操作按钮。CONNECT 显示两个学生的所有陈述，

并为他们提供按钮来支持或反对每个陈述。

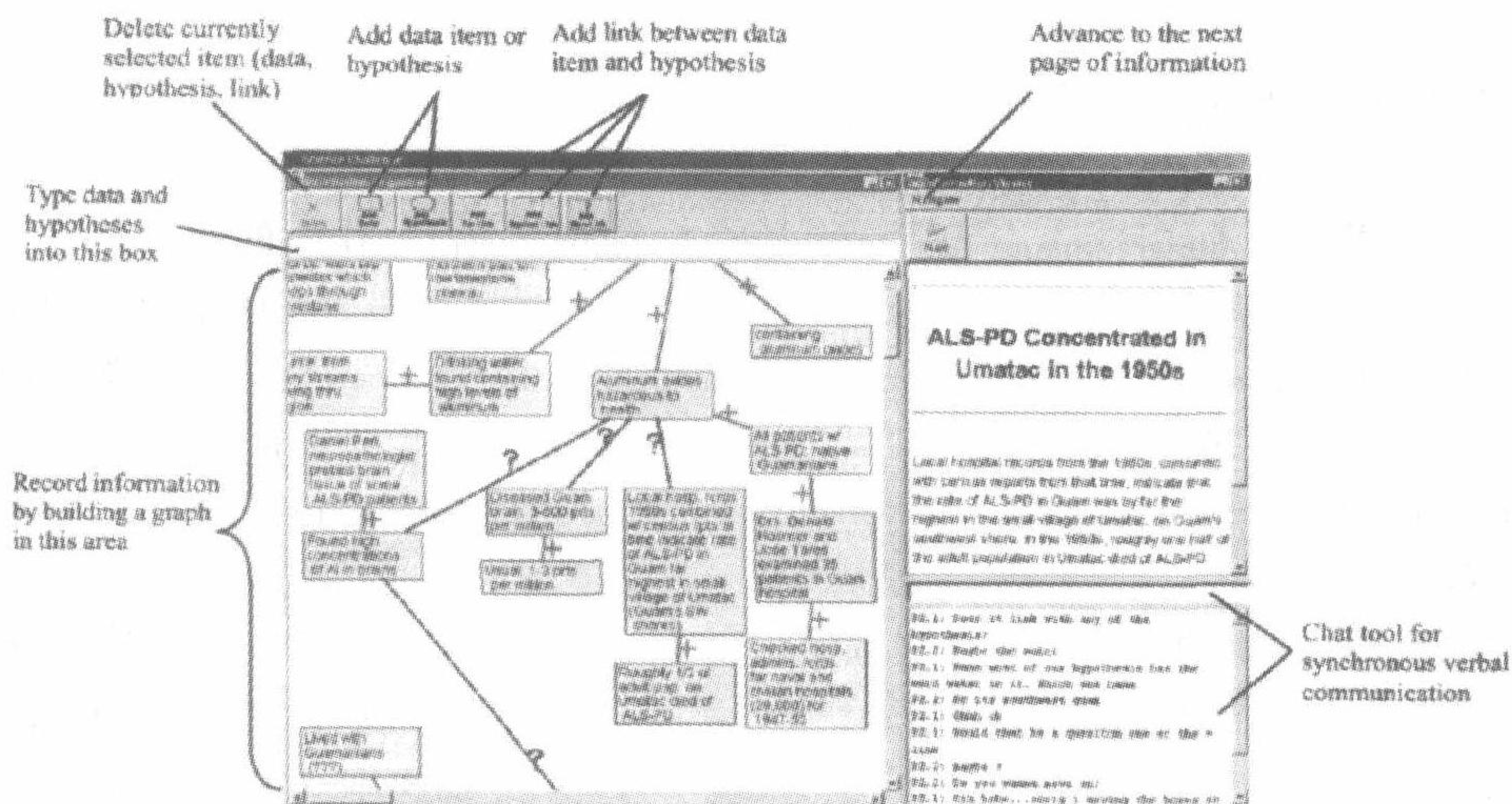


图 26.1 萨瑟（Suthers）等所设计的 Belvedere 3.0 在线情境下的图表界面（2003）

图 26.1 显示的是辩论地图系统 Belvedere 3.0 的一个界面。Belvedere 旨在帮助中学生在科学环境下学习批判性的询问技巧（Suthers，2003）。该示意图是为了让学生参与到复杂的科学辩论中而设计的。方框代表着假设和数据，横线表示支持和反对之间的关系。早期的版本允许按照**原理**(principal)、**理论**(theory)、**假设**(hypothesis)、**论点**(claim) 或**报告**(report) 对陈述进行分类。这个早期版本所进行的研究表明，大多数有趣的辩论并不是在图表中，而是在学生共同使用一台电脑操作时的口头讨论中（Suthers，2003）。因此，后面的版本中对图表进行了简化，只是关注在数据和假设之间可以被证明的关系。图 26.1 中的版本就是这个版本。

452

在其对 VCRI（Virtual Collaborative Research Institute）工具（虚拟协作研究中心；Jaspers & Erkens，2002）进行的一项研究中，芒内克、范阿梅尔斯福特以及安德里森（Munneke，van Amelsvoort，& Andriessen，2003）对辩论性交互及支持辩论性交互的辩论图表中可能存在的角色进行了分析。兴趣的变化**拓宽**了辩论的范围，**深化**了辩论的深度。拓宽辩论的范围是指学生将不同的认识论和社会观点运用到相关联的辩论中；深化辩论是指学生在探讨时使用了许多推理的相关概念和模式。图表表征通过多种方式来支持这些活动：通过强制学生将观点清晰且完整地表达出来（van Bruggen，Boshuizen，& Kirschner，2003；Suthers & Hundhausen，2003），通过帮助他们分享关注点（Veerman，2000，2003），通过在问题解决过程中为组织和保持连贯性提供辅助（Suthers，2001），以及通过作

为会话和推理的资源（Baker，2003；Suthers，2003）。

在他们的研究中，芒内克等比较了在进行电子化讨论**前**(个人单独）建构图表和进行电子化讨论**时**(多人协作）建构图表这两种情况下，对话中关于辩论性互动的效果。其任务是利用 VCRI 工具（见图 26.2）构建一个关于基因改良生物的协作文本。在第一种情况下，图表的建构仅仅是为辩论而准备的。图表中的主题是用来表征学生自己的观点，这些观点是通过辩论以及抗辩中的反驳来支持的。然后，将主题进行一一配对，个别图表可以在协作阶段被考虑到。在协作阶段，参与者基于一个话题进行讨论并生成一个协作文本。在协作图表的情境下，学生同样是经过一个阅读阶段后对该话题进行讨论，同时协作建构一个用于反思他们讨论的图表。

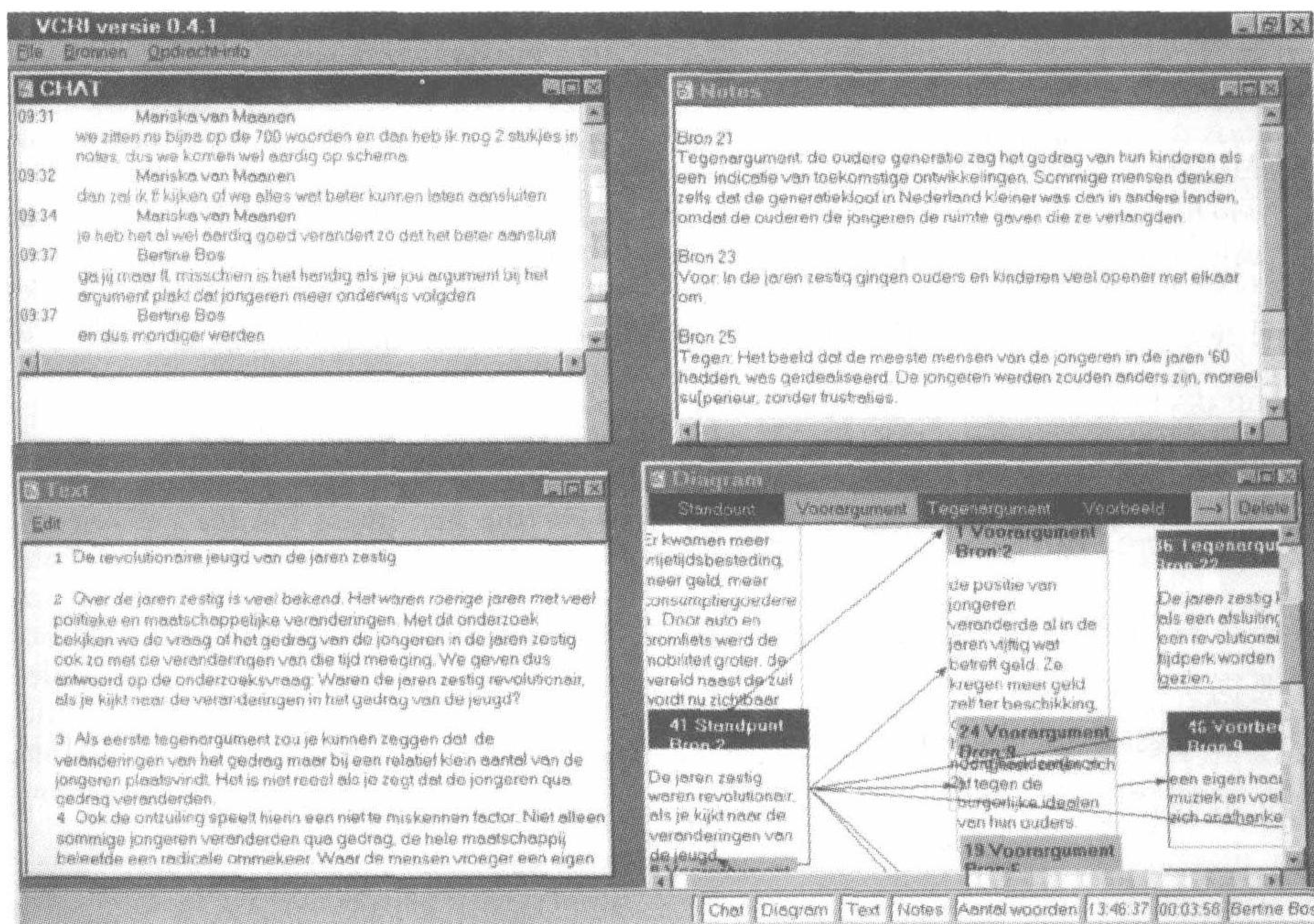


图 26.2　VCRI 工具，显示 4 个窗口，由学生安排，可用于：(1) 同步聊天；(2) 个人记录笔记（不是这里所描述的实验情景下）；(3) 协作完成的文本编辑器；(4) 协作完成的图表。

使用一款加深讨论深度的顺序记分系统，对所有与内容相关的事件进行打分：(1) 陈述论点；(2) 举例或作出解释；(4) 进行支持或反驳；(8) 解释几个论点之间的关系。可以计算出每对学生讨论的深度总分，以及每个学生甚至每个子任务的深度总分。此外，为了研究对话功能，对每个人的话语进行编码：社会关系、互动管理、任务管理或者详尽阐述内容，并得到以下一些

发现：

1. 大多数聊天活动都是任务管理，特别是在协作图表的情境下（67.5%比76.9%）。

2. 反之，个人图表情境下的论点会稍微多一些（8.6%比13.8%）。

3. 个人单独建构的图表，在方框的数量上存在显著差异，而且支持论点的数量明显多于反对数量（56比137）。

4. 似乎通过个人单独准备的图表在辩论中大多数时间内被用作信息来源，用来寻找（与复制）讨论的论据或需要撰写的文本。

5. 在多人协作图表的情境下，图表被用于总结讨论。

6. 个人情境下的讨论稍微广泛些（有更多不同的话题）。

453 7. 两种情况下，图表和讨论在深度方面都相似。

8. 两个试验中所产生的文本都要比图表更有深度，文本中包含了更多的反驳、支持以及论据间的关系。

总体而言，学生并没有真正地讨论彼此的论据，他们只是想当然地提出论据。短暂的辩论之后，马上和解。因此，图表在直接迫使学生明确其观点方面所发挥的作用非常有限。图表的第二个作用，即维持重点，得到了大多数话语的任务及内容重点的证明，但是（同时）撰写协作文本的目标似乎分散了学生对内容进行深度讨论的精力。

为科学探究中的辩论搭建脚手架

在日常事件中，我们通常擅长在讨论时表示质疑、反质疑、辩护或赞同，但是根据分析标准，我们所持有的论据通常很一般（Pontecorvo，1993）。相反，在科学领域中，我们仅仅只是接受了专家论点，但是在以后的活动中我们通常又不使用它们去说服、质疑或证明我们自己的观点（Schwarz & Glassner，2003）。

优秀的辩论依赖于对领域各个方面的了解，但是了解领域内各个方面并不预示着一场优秀的辩论（Goldman et al.，2003）。戈德曼（Goldman）等的干预实验中使用了知识论坛（Scardamalia & Bereiter，见本书），记录了单个学生以及小组学生所提出的个人知识论据，并将这些个人论据共享。然后，将这类辩论作为 454 一个初始句来发展更复杂的辩论技能。为学生提供表达建构、协调和评价科学知识论点的工具，这些论点包括理论（何种知识重要）、方法（得到和分析数据的策略）以及目标（结果以及如何获得结果）。教师在全班讨论和小组讨论中的角色，是积极地推进学生推理能力的发展，以及通过提问、评论、鼓励学生等来干预学生以促使学生更多地参与辩论，教师的这个角色以基于论据达成一致意见为目标导向。这一任务并不容易，这类教师角色是否能够给出所期望的结果，以及

如何给出，都无法确定。

辩论和争论是自然科学发展的动力（Bell，2002）。辩论是为探索理论性的争辩服务的，包括论据与理论观点之间的明确协调。林和她的团队设计了基于网络的整合科学环境（WISE，即之前众所周知的知识整合环境或 KIE；Linn，见本书）以在这些活动中为学生搭建脚手架。知识整合是一个动态的过程，在这个过程中学生将他们概念化观点联结起来，用于解释现象，将更多的社会经验添加到各种观点的集合中，并重新建构出更加连贯的观点（Linn，见本书；Bell & Linn，2000）。

一些有关 WISE 的研究所关注的是：在学生学习科学知识的同时也学习科学实践这两重目标下，如何提高辩论构建和协作辩论？在这些研究中，中学生参与许多形式的科学探究，同时也深化他们的科学知识，这些科学知识扎根并关联于科学情境和个人生活情境（Linn，Bell，& Hsi，1998；Bell & Linn，2000）。举个例子来说，在经过一个持续五周时间的课程段后，一场以“光能射多远”为话题的辩论开始了。在辩论过程中，学生探索多媒体资源，建构解释及证据如何与辩论话题相关联的论据，然后参与到有关论题、论点、证据的全班辩论中。这是基于设计的研究项目，在项目中研究设计以其观察学习活动的功能而被采用（Barab，见本书）。该循环包括迭代修改协作活动，要历经几年的教学。在这里我们将描述该研究项目中的 5 个迭代阶段。

第一阶段，教师选择两个针锋相对的理论形成辩论框架：学生表明其最初立场，然后寻找 12 条多媒体论据。对第二阶段的分析反映出，学生过度关注特殊证据，而没有考虑全部证据。或许不出所料，他们只关注一条或两条他们相信能有力支撑其观点的证据，并且忽略了反证。此外，他们所进行的辩论并没有得到很好的阐述。这致使林的同事菲利普·贝尔（Philip-Bell）开发了一个名叫“意义建构者”（SenseMaker）（Bell，1997）的工具，它支持协调论点（表 5 中的方框）和证据（每个方框中的清单）以生成辩论地图。意义建构者是一种辩论编辑器，它支持产生能让学生明白所收集论据的辩论（Bell，1997）。

在第三阶段，要求学生在探究所有论据之后，根据论点来组织论据。有证据表明，该阶段学生确实考虑了所有论据。但是，他们需要更多使用辩论地图的经验，因为学生并不能按照最初由研究者所设计的方式将论点分类。

第四阶段是以一个为期两天的课程项目开始的，该课程项目是为了更好地介绍辩论地图表征这一概念，以及在使用辩论工具的过程更加系统地支持学生。在活动结构中，学生创建了更多带有阐述的辩论，知识表征工具被整合到解释和理论化论据中。论据和论点是用户界面的核心和可视化要素，以此为学生的探究过程搭建脚手架。但是，学生仍旧对辩论地图表征感到不解，同时对使用辩论地图来生成一个集合而非持续性产品的方式感到迷惑。

455

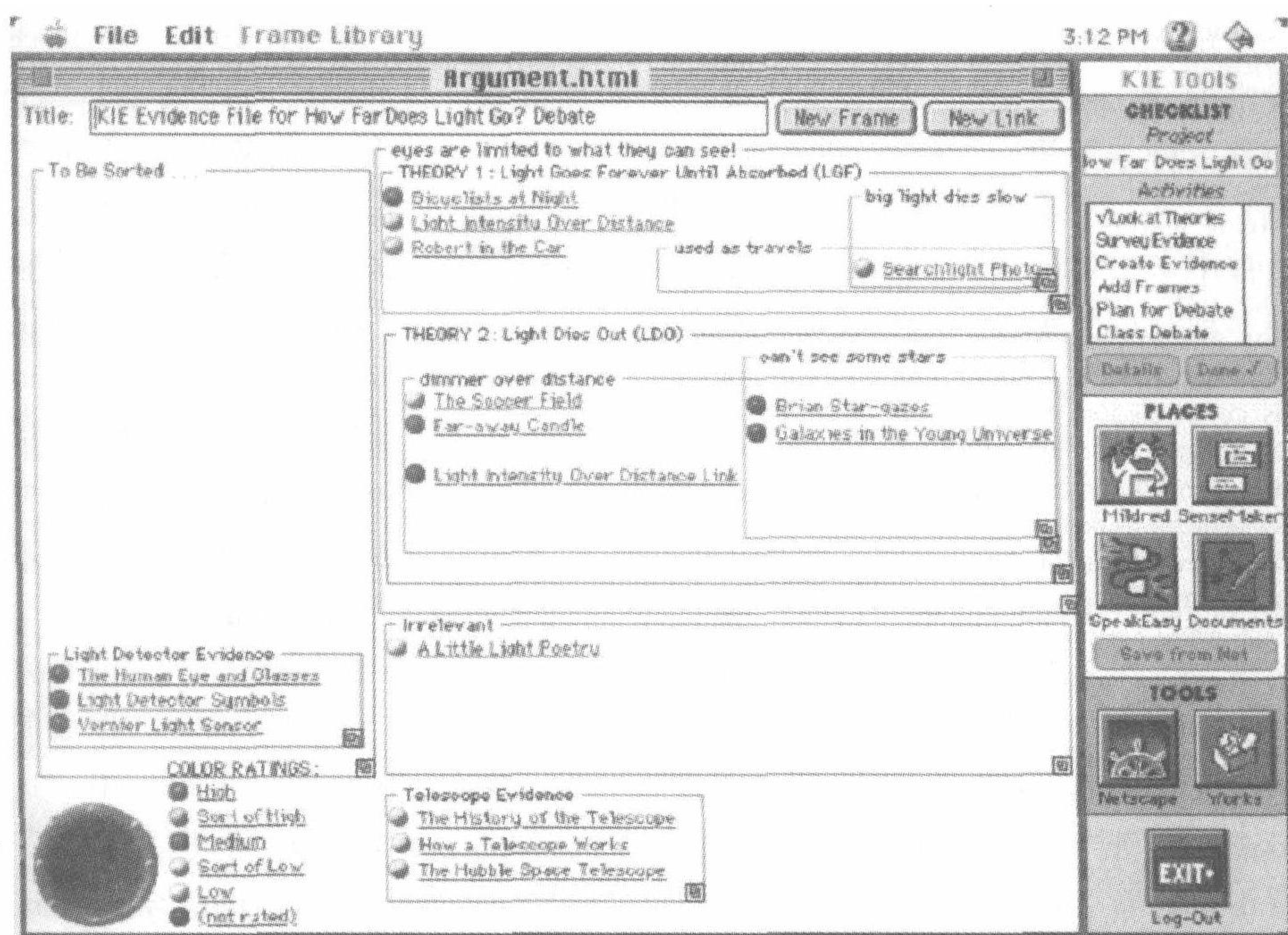


图 26.3　意义建构者，显示两个论点方框（理论 1 和理论 2）以及每个方框中的支持性论据清单。来自 Bell（1997）。

在第五阶段，科学家们曾进行过的一个辩论被展示在由教师事先就准备好的辩论地图中。学生可以理解科学辩论和创造性的各个方面，包括论据的理论化和协调，同时还可以理解个人观点是如何形成对证据的解释及如何构建论点的。

当学生不使用辩论地图在教室中进行辩论时，他们呈现最有力的证据来提出自己的观点。当辩论地图整合到辩论中时，会话模式发生了转变。学生仍旧强调最有力的论据，但是作为听众的学生所提出来的问题关注的是论据而不是陈述。这些辩论地图就成为共享的脚手架，允许学生比较那些关于论据的解释。听众使用地图来使陈述者对项目中所有的证据提供更多的解释。这些地图提供了一种社会机制来使学生的思考清晰化、外显化。

最终评价表明，学生更深刻地理解了科学辩论的论据基础、辩论与学习之间的一般联系以及在辩论活动中自身整体认识的提升（Bell & Linn，2000）。

结论

一些研究者相信，所有的教学在一定程度上都是一项辩论活动，因为教师面对的任务是劝说学生采用一个新奇的观点（Laurillard，1991）。皮特格利亚（Petraglia，1998）提出将修饰学传统作为教育框架，他强调学习的对话属性。只有当学习被认为是一个主动建构、协作知识建构的过程时，学习才能被认为是辩论过程的结果。

456

基于本章中所概述的研究，我得出以下六点结论。

1. 不能只是简单地告诉学生通过辩论来学习，通过辩论来学习需要提供重要的脚手架。为了显示辩论为何以及如何有利于学习，我们首先必须以设计实验（Confrey & Lehrer，本书）的方式创建适宜的学习情境（Andriessen，2005）。我建议建构复杂的任务序列，同时在扩展时期内包括许多辩论活动。

2. 在相互支持辩论过程中，应该为学生提供脚手架。这种方法与传统的辩论观点大相径庭，传统的观点认为辩论是针锋相对的，知识和专长是绝对的。而辩论学习则是--个集体知识建构的协作过程。

3. 媒介类型对辩论学习具有重大的影响。我们已看到一些使用工具的事例。一方面，这获得了与在口头交流环境下辩论相类似的结果；但是，另一方面，提供脚手架很可能会使学生获得比简单的口头交流更高级的辩论。研究者正致力于寻找出适当的指导条件和提供充分支持的工具设计。

4. 在学生管理其持续性协作上，面对面的对话比使用电脑作为媒介更有效。如果学生必须花费太多的时间用于软件工具的使用上，那么辩论的教育质量将会下降。研发人员所面临的挑战是，尽可能地使用户界面以学习者为中心（learner-centered）（Quintana et al.，见本书）。

5. 一个工具被使用得怎样，部分取决于与此同时其他工具及活动所关注的内容。辩论的角色和属性会因一项复杂任务事件中的不同阶段而不同，比如说，协作写作、基于项目的科学课这些复杂任务事件。但是，辩论的角色和属性在这些阶段之间的转换似乎非常有限；学生们倾向于将每一个阶段都视为独立的活动。当设计一个复杂任务序列时，我们需要更多地了解序列中各个阶段之间的转变，以及何种因素可以促使发生最大的转变。

6. 大多数研究称，在工具的使用上存在着个别差异。了解为什么参与者在使用工具上会有所不同，这或许可以引领我们发现应该如何改进工具的使用；我认为我们必须谨慎，才能保障不会过早地决定何种使用方式是正确的，何种是错误的。辩论工具并不像一个锤子，更像是一个工具箱，其中包括许多可能的解决方案和用法，以及许多新的解决方案和用法。

最近，很多学习者感觉辩论是在浪费时间，他们只想让老师告诉他们答案。

皮亚杰指出，应该尽可能地让学习者自己去发现，教师为学生所作的每一个决定都剥夺了学生一次获得更有利的学习经验的潜在机会。问题似乎在于应该谁去填补这个鸿沟：是教师还是学生。如果学习情境中的辩论能够在某种程度上远离竞争、丢脸和空洞的修辞，为事先设计好的辩论提供足够多的支持——致使关注理解、解释和推理、个人间的成功成为一种规则而不是例外——那么，辩论学习以及计算机支持学习将可以成为现实。如果那样的话，学生将不再希望被提供答案了，而是想去为得到答案而辩论，那么，他们将会体验到自主性、有效性的学习。

参考文献

457 Anderson, R. C., & Pearson, P. D. (1984). A schema-theoretic view of basic processes in reading comprehension. In P. D. Pearson, R. Barr, M. L. Kamil, & P. Mosenthal (Eds.), *Handbook of reading research* (pp. 255 - 291). New York: Longman.

Andriessen, J. (2005). Collaboration in computer conferencing. In A. O'Donnell, C. Hmelo, & G. Erkens (Eds.), *Collaboration, reasoning, and technology* (pp. 277 - 321). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Andriessen, J., Erkens, G., van de Laak, C. M., Peters, N., & Coirier, P. (2003). Argumentation as negotiation in electronic collaborative writing. In J. Andriessen, M. Baker, & D. Suthers (Eds.), *Arguing to learn: Confronting cognitions in computer-supported collaborative learning environments* (pp. 79 - 116). Dordrecht: Kluwer.

Baker, M. J. (2003). Computer-mediated argumentative interactions for the co-elaboration of scientific notions. In J. Andriessen, M. Baker, & D. Suthers (Eds.), *Arguing to learn: Confronting cognitions in computer-supported collaborative learning environments* (pp. 47 - 78). Dordrecht: Kluwer.

Baker, M. J. (2004). Recherches sur l'élaboration de connaissances clans le dialogue [Research on knowledge elaboration in dialogues]. Synthèse pour l'habilitation à diriger les recherches. Université Nancy 2.

Baker, M., & Lund, K. (1997). Promoting reflective interactions in a computer-supported collaborative learning environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 13, 175 - 193.

Barth, E. M., & Krabbe, E. C. W. (1982). *From axiom to dialogue: A philosophical study of logics and argumentation*. Berlin: Walter de Gruyter.

Bell, P. (1997). Using argument representations to make thinking visible for individuals and groups. In R. Hall, N. Miyake, & N. Enyedy (Eds.), *Proceedings of CSCL '97* (pp. 10 - 19). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bell, P. (2002). Science *is* argument: Developing sociocognitive supports for disciplinary argumentation. In T. Koschmann, R. Hall, & N. Miyake (Eds.), *CSCL 2: Carrying forward the conversation* (pp. 449 - 455). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bell, P. (2004). Promoting students' argument construction and collaborative debate in the science classroom. In M. C. Linn, E. A. Davis, & P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 115 - 143). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bell, P., & Linn, M. C. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22 (8), 797 - 817.

Billig, M. (1987). *Arguing and thinking: A rhetorical approach to social psychology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R., (1999). *How people learn: Brain, mind, experience and school*. Washington, DC: National Academy Press.

Chi, M. T. H., & Van Lehn, K. A. (1991). The content of physics self-explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 1 (1), 69 - 105.

Goldman, S. R., Duschl, R. A., Ellenbogen, K., Williams, S., & Tzou, C. T. (2003). Science inquiry in a digital age: Possibilities for making thinking visible. In H. van Oostendorp (Ed.), *Cognition in a digital world* (pp. 253 - 283). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Grice, H. P. (1975). Logic and conversation. In P. Cole & J. L. Morgan (Eds.), *Syntax & semantics 3: Speech acts* (pp. 41 - 58). London: Academic Press.

Jaspers, J., & Erkens, G. (2002, September). *VCRI. Virtual Collaborative Research Institute* (Version 1.0) [Computer software]. Utrecht, The Netherlands: Utrecht University.

Keefer, M. W., Zeitz, C. L., & Resnick, L. B. (2000). Judging the quality of peer-led student dialogues. *Cognition and Instruction*, 18 (1), 53 - 81.

Koschmann, T. (2003). CSCL, argumentation, and Deweyan inquiry: argumentation *is* learning, In J. Andriessen, M. Baker & D. Suthers (Eds.), *Arguing to learn: Confronting cognitions in computer-supported collaborative learning environments* (pp. 259 - 265). Dordrecht: Kluwer.

Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

458

Kuhn, D. (2001). How do people know? *Psychological Science*, 12 (1), 1 - 8.

Kuhn, D., Shaw, V., & Felton, M. (1997). Effects of dyadic interaction on argumentative reasoning. *Cognition and Instruction*, 15 (3), 287 - 315.

Kuhn, D., & Udell, W. (2003). The development of argument skills. *Child Development* 74 (5), 1245 - 1260.

Kuhn, T. (1962, 1970). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.

Laurillard, D. (1993). *Rethinking university teaching: A framework for the effective use of educational technology*. London: Routledge.

Leitão, S. (2001). Analyzing changes in view during argumentation: A quest for method. *Forum Qualitative Social Research*, 2, 2.

Levin & Moore (1980). Dialogue-games: Meta-communication structure for natural language interaction. *Cognitive Science*, 1 (4), 395 - 420.

Linn, M. C., Bell, P., & Hsi, S. (1998). Using the internet to enhance student understanding of

science: The knowledge integration environment. *Interactive Learning Environments*, 6 (1 - 2), 4 - 38.

Mackenzie, J. D. (1979). Question-begging in noncumulative systems. *Journal of Philosophical Logic*, 8, 117 - 133.

McAlister, S., Ravenscroft, A., & Scanlon, E. (2004). Combining interaction and context design to support collaborative argumentation using a tool for synchronous CMC. *Journal of Computer Assisted Learning*, 20 (3), 194 - 204.

Means, M. L., & Voss, J. F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability, and knowledge levels. *Cognition and Instruction*, 14 (2), 139 - 178.

Mercer, N., Wegerif, R., & Dawes, L. (1999). Children's talk and the development of reasoning in the classroom. *British Educational Research Journal*, 25 (1), 95 - 111.

Munneke, L. van Amelsvoort, M., & Andriessen, J., (2003). The role of diagrams in collaborative argumentation-based learning. *International Journal of Educational Research*, 39, 113 - 131.

Nonnon, E. (1996). Activites argumentatives et élboration de connaissances nouvelles: Le dialogue comme espace d'exploration. *Langue Francaise*, 112, 67 - 87.

Petraglia, J. (1998). *The rhetoric and technology of authenticity in education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Pilkington, R., & Walker, A., (2003). Facilitating debate in networked learning: Reflecting on online synchronous discussion in higher education. *Instructional Science*, 31, 41 - 63.

Pontecorvo, C. (ed.) (1993). *Cognition and Instruction*, 11 (3 & 4). Special issue: Discourse and Shared Reasoning.

Reznitskaya, A., Anderson, R. C., McNurlen, B., Nguyen-Jahiel, K., Archodidou, A., & Kim, S. (2001). Influence of oral discussion on written argument. *Discourse Processes*, 32 (2 - 3), 155 - 175.

Schwarz, B., & Glassner, A. (2003). The blind and the paralytic: Supporting argumentation in everyday and scientific issues. In J. Andriessen, M. Baker, & D. Suthers (Eds.). *Arguing to learn: Confronting cognitions in computer-supported collaborative learning environments* (pp. 227 - 260). Dordrecht: Kluwer.

Stein, N. L., & Albro, E. R. (2001). The origins and nature of arguments: Studies in conflict understanding, emotion, and negotiation. *Discourse Processes*, 32 (2 - 3), 113 - 133.

Stein, N. L., & Bernas, R. (1999). The early emergence of argumentative knowledge and skill. In J. Andriessen & P. Coirier (Eds.). *Foundations of argumentative text processing* (pp. 97 - 116). Amsterdam: Amsterdam University Press.

459 Stein, N. L., & Miller, C. A. (1993). The development of memory and reasoning skill in argumentative contexts: evaluating, explaning, and generating evidence. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (pp. 285 - 335). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Suthers, D. D. (2001). Towards a systematic study of representational guidance for collaborative

learning discourse. *Journal of Universal Computer Science*, 7 (3), 254 - 277.

Suthers, D. D. (2003). Representational guidance for collaborative inquiry. In J. Andriessen, M. Baker & D. Suthers (Eds.), *Arguing to learn: Confronting cognitions in computer-supported collaborative learning environments* (pp. 27 - 46). Dordrecht: Kluwer.

Suthers, D. D., & Hundhausen, C. D. (2003). An experimental study of the effects of representational guidance on collaborative learning processes. *The Journal of the Learning Sciences*, 12 (2), 183 - 218.

Suthers, D. D., Hundhausen, C. D., & Girardeau, L. E. (2003). Comparing the roles of representations in face-to-face and online computer supported collaborative learning. *Computers & Education*, 41, 335 - 351.

Tannen, D. (1998). *The argument culture: Moving from debate to dialogue.* New York: Random House Trade.

Tiberghien, A., & De Vries, E. (1997). Relating characteristics of learning situations to learner activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 13, 163 - 174.

Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument.* Cambridge: Cambridge University Press.

Van Bruggen, J. M., Boshuizen, H. P. A., & Kirschner, P. A. (2003). A cognitive framework for cooperative problem solving with argument visualization. In P. A. Kirschner, S. J. Buckingham Shum, & C. S. Carr (Eds.), *Visualizing argumentation: Software tools for collaborative and educational sense-making* (pp. 25 - 47). London: Springer.

Van Eemeren, F., & Grootendorst, R., (1992). *Argumentation, communication, and fallacies: a pragma-dialectical perspective.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Van Eemeren, F., & Grootendorst, R. (1999). Developments in argumentation theory. In J. Andriessen & P. Coirier (Eds.). *Foundations of argumentative text processing* (pp. 43 - 57). Amsterdam: Amsterdam University Press.

Van Eemeren, F., Grootendorst, R., & Snoeck Henkemans, F. (2002). *Argumentation: Analysis, Evaluation, Presentation.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Veerman, A. L. (2000). Computer-supported collaborative learning through argumentation. [Doctoral dissertation]. Enschede: Print Partners Ipskamp.

Veerman, A. L. (2003). Constructive discussions through electronic dialogue. In J. Andriessen, M. Baker, & D. Suthers (Eds). *Arguing to learn: Confronting cognitions in computer-supported collaborative learning environments* (pp. 117 - 143). Dordrecht: Kluwer.

Voss, J., & Means, M. (1991). Learning to reason via instruction in argumentation. *Learning & instruction*, 1, 337 - 350.

Voss, J. F., Tyler, S. W., & Yengo, L. A. (1983). Individual differences in the solving of social science problems. In R. F. Dillon & R. R. Schmeck (Eds). *Individual differences in cognition* (pp. 204 - 232). New York, Academic Press.

Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes.* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.). Cambridge, MA: Harvard University Press.

Walton, D. (2000). The place of dialogue theory in logic, computer science and communication studies. *Synthese*, 123, 327-346.

Walton, D. N. (1989). *Question-reply argumentation*. New York: Greenwood Press.

Walton, D. N., & Krabbe, E. C. W. (1995). *Commitment in dialogue*. Albany, New York: Suny Press.

Wertsch, J. V. (1985). *Vygotsky and the social formation of mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

第27章

在线共同体中的学习

埃米·布鲁克曼

约翰·杜威曾经写道："教育不是为生活做准备；教育即生活本身。"（Dewey，1938）杜威认为，学习共同体不应是一个孤立的世界，相反，它应与社会的其他方面整合在一起。在学习者与其他学习者协作获益的同时，鼓励他们成为社会一员。半个多世纪以后，斯卡达玛莉亚与巴雷特（Scardamalia & Bereiter，1994）表述了类似的观点，并注意到以计算机为媒介的通信（CMC）为建立与社会深度整合的学习共同体创造了新的可能。"以计算机为媒介的通信"是指人与人之间通过计算机媒介而进行的交流，包括电子邮件、即时信息、聊天室、新闻组、博客。学习科学研究者在探究CMC如何将学习者联系在一起，以及如何使学习者更大范围地与社会进行联系的问题上，已取得重大进展。

当学习作为知识建构共同体的一部分时，就会非常适时地发生（Scardamalia & Bereiter，1994），这种知识建构共同体能将各个年龄段、各种不同社会角色者集中到一起。斯卡达玛莉亚与巴雷特评论道：

> 公共结构跨越学校岁月的完整历程，有利于吸引研究及其他知识创新机构。想想这些益处，是十分奇特的（但也是令人兴奋的）。其奇特性与技术无关——到目前为止，技术的新近发展已使其变得更加容易。将要解决的问题应该是教育上的问题（Scardamalia & Bereiter，1994，p. 276）。

在CMC的帮助下，学习者在参与真实的学习活动时，可获得一种真实的学习结果。互联网以新的方式将人、信息及机构联系在一起，创造新的机会来实现这种愿景。

这只是展现了在互联网上学习可能不同于其他方式学习的一种愿景。安·伦宁格（Ann Renninger）与韦斯利·舒马尔（Wesley Shumar）评论道："互联网已改变了我们对边界、参与及身份的认识。它允许个人及共同体进行重塑，这意味着通过互联网，某个人或某个小组可以修正其对可能性的认识。"（Shumar &

Renninger, 2002, p. 14)

互联网在支持以下各种学习时尤为有效，而学习科学研究也发现这些学习最有效：基于项目的学习（Barron et al., 1998）、建构主义学习（Papert, 1991）以及基于设计的学习（Kolodner et al., 2003）。在基于项目的学习中，各组学生合作解决由驱动性问题（driving question）带来的难题（Krajcik & Blumenfeld, 本书）。在建构主义学习中，通过共享发现、建构彼此的观点，学习者在学习者共同体中活动时建构自己的知识（Kafai, 本书）。在基于设计的学习中，学生共享设计理念，征询意见，建设性地批判他人解决问题的步骤，在他们自己的学习任务中考虑其他学生的意见（Kolodner, 本书）。基于学习科学原理的在线学习共同体中特别成功的例子有：数学论坛（Renninger & Shumar, 2002），CoVis（Edelson & O'Neill, 1994），SCOPE/KIE/WISE（Linn, Davis, & Bell, 2004），CSILE/知识论坛（Scardamalia & Bereiter, 1994），"同一片天空，不同的声音"（One Sky Many Voices）（Songer, 1996）以及"探索阿特兰蒂斯项目"（Quest Atlantis）（Barab, 本书；Barab et al., 2005）。

所有上述这些学习环境都基于学习科学的发现。学习科学的发现揭示了社会背景、情境、合作及讨论在学习中的重要作用（Andriessen, 本书；Greeno, 本书；Sawyer, 本书）。在本章中，我主要介绍这些学习环境共有的一个关键特征：所有这些学习环境的设计都是为了帮助学生创建**学习共同体**，即一种协作型学习共同体：在学习上共同协作并相互支持。

本章将围绕以下四个要点展开：

- 界定"共同体"（community）这个概念是什么。
- 描述作为共同体之子范畴的术语"学习共同体"（learning community）指的是什么。学习科学研究者已经区别出几种不同的有效学习共同体。我将概括出三种重要的类型：知识建构共同体、实践共同体和桑巴舞学校（samba schools）。
- 探讨有助于支持有效学习共同体的 CMC 的两个特征：它们所提供的社会交互和支持的类型，及支持真实学习任务创建的方式。
- 举一个学习共同体的例子——穆斯交叉项目（MOOSE crossing project）（Bruckman, 1998）说明在运用 CMC 时学习共同体如何变为可能。

一旦我们为"学习共同体"选取教育上合理的模型，并辅以一定的技术手段，新的学习方式就会成为可能。互联网的诱人潜力在于，运用技术可以在新的学习共同体类型中将学生聚集到一起，这些共同体支持所有学生更为有效的学习，对学习材料进行深层理解。在探索这种潜力方面，研究者目前仍处于初始阶段。一旦学习科学领域的研究者能更好地理解这种新的学习方式，学习共同体的各种新形式将会出现。

一种“共同体”原型观

对很多人来说，“共同体”一词会让他们想到这样的图像：一个田园小镇，中产阶级，20 世纪 50 年代的世界。“学习共同体”则会让人们想到这样的图像：那个田园小镇的一所小学校，里面有一位正在上课的年轻女教师，她正在黑板上写着东西。或者，学习共同体会让人们联想起 19 世纪红色小校舍的图像。不过，今天的教室已不再是过去的那些老样子了。为了让大家更好地理解在线学习共同体，有必要举三个已经存在的学习共同体的案例：莱夫和温格（Lave & Wenger, 1991）的裁缝店，讨论新观点的科学家小组以及巴西人的桑巴舞学校。这些学习共同体的案例有助于我们更好地将注意力集中在学习共同体的某些关键特征及其为何重要上。

网络共同体是否是真正的共同体？在这个话题上，人们已经花费了很多的笔墨。一方面，霍华德·莱因戈尔德（Howard Rheingold）等著者记录了在线共同体从日常友情到危急时刻的情感支撑、真正援助等可能给参与者带来的益处（Rheingold, 1993）。另一方面，一些著者宣称，所谓的网络“共同体”肯定是“群组”（groups），但其交互的质量与真实的共同体相距甚远。例如，罗勃·克林（Rob Kling）和科鲁斯特纳·科特莱特（Christina Courtwright）认为，“随意使用共同体这一术语来描述那些参与学习的小组或参与在线论坛的小组的特征，是一种严重的误导”（Kling & Courtwright, 2004, p. 91）。对罗勃·克林和科鲁斯特纳·科特莱特来说，创建一个成功的学习共同体是一项罕见且非凡的成就，随意使用“共同体”一词会有使这项成就变成平凡的风险。他们为究竟何为真正的共同体设置了一项高标准。在讨论 USENET 中的小组是否属于共同体时，特里萨·罗伯茨（Teresa Roberts）认为“在相当长的时间里，‘共同体’这个词被当作隐喻使用，并没有一个精确的定义”（Roberts, 1998, p. 361）。

考虑到共同体的潜在含义一直是社会学家们论证的热点，那么，我们讨论网络共同体由什么组成这一问题就不足为奇了（Hillery, 1955; Wellman & Leighton, 1979）。社会学家巴利·韦尔曼（Barry Wellman）和米莉娜·古利亚（Milena Gulia）告诫我们，我们所探讨的过于理想的共同体概念可能被推翻。他们描述道：“专家们担心虚拟共同体不太可能真正成为共同体。这些专家们从现实的角度弄乱了田园主义者的共同体神话。共同体纽带已经在地理意义上被拆分开了，变得稀疏不整，但却被长途通讯（电话和传真）大大加强了，在内容上也更专业化了”（Wellman & Gulia, 1999, p. 187）。

我建议采用认知科学中如何定义“范畴”（categories）的理论来探讨共同体的含义。埃莉诺·罗施（Eleanor Rosch）（摘要见 Lakoff, 1987）认为，每个类型都有一个或多个她称之为范畴**原型**（Prototypes）的代表性成员。例如，与鹂鹊

或企鹅相比，知更鸟或麻雀是**鸟类**的更好例子，因此，与鸸鹋和企鹅相比，知更鸟和麻雀是鸟类更好的范畴原型。如果范畴的概念由其原型成员来界定，那么，概念的界限就会模糊；判断一个物体是否属于范畴中的成员，不是要对其作出非黑即白的判断，与之相反，范畴中的每一个条目都在某种程度上与其成员有相关性，这主要取决于其与原型的相似性和差异性（Lakoff，1987）。因此，当韦尔曼和古利亚宣称专家们正在弄乱田园主义者对共同体现实性的神话时，实际上他们所说的**共同体**这个范畴不是现实的，而是反历史的，是理想化的。

就此而论，询问一个小组是否属于一个共同体是个欠缺真知灼见的、未深思考虑的问题，因为**共同体**范畴的边界很模糊。问题其实应该是这样的：某一个特定的小组与共同体的原型有多大的相似性？这是一种更有成效的探究路线，因为对我们的挑战是，在回答这个问题时能够反映出共同体原型的本质，并可以更详细地探讨其具体的特征及这些特征是否重要的原因。

学习共同体的原型

从上述的角度来看，**学习共同体**是共同体的一个子范畴，有它自己的基本成员。那么，其核心成员是什么呢？当然，最常见的原型是传统学校中的教室。不过，这个模型在某种形式上是有争议的——学习科学研究机构主要在尝试以渐进式或更为激进的方式来大力改善这种学习共同体的类型。

464

如果我们要重新思考一下学习共同体的本质，那么，就可以从中提炼出其他的学习共同体原型。这里，我总结出其中的三种原型：莱夫和温格的**实践共同体**、斯卡达玛莉亚与巴雷特的**知识建构**以及佩伯特的**桑巴舞学校**。

莱夫和温格有关**实践共同体**（CoPs）的工作是第一种可选的原型。莱夫和温格研究了传统的手工艺，如西非瓦伊（Vai）和戈拉（GOLA）两地的裁缝，提出了一种称为**合法的边缘性参与**（LPP）的学习模型（Lave & Wenger，1991）。学徒型裁缝一开始要做一些像扫地之类的活。这些活动尽管不需要什么很高的技能，但却是**合法的**，因为地确实需要打扫。它属于**边缘性的活动**，因为他以一项与核心活动相关的简单任务开始。正是在扫地的过程中，学徒**参与**裁缝店里的所有活动；他看到了发生在他周围的活动，并通过观察来学习。当学徒到了学裁剪裤子布料的时候，他就要多次观察这项活动。LPP将参与作为一种学习的方式——这是一种引人注目的文化实践活动。由裁缝和学徒组成的共同体就是莱夫和温格所指的实践共同体，这个概念是学习共同体的一种有用的可选原型——与传统的课堂教学模式有很大不同。

裁缝是一项体力劳动。将这种方法转为对某一知识领域的学习，像学习读和写，它将意味着什么呢？柯林斯（Collins，本书）把这种方法称为“**认知学徒制**”。从传统学徒制到认知学徒制的转变展现了对教育的挑战。像裁缝这样的手

工艺劳动是可见的，初学者很容易观察，但当我们试图将传统的学徒转变为认知学徒时，就会出现如何使思维可视化的挑战。而且，当我们从成员拥有明确的共同目标（如做衣服和买衣服）的实践共同体转移到像学校这样更加人为的环境中时，就会产生合法性的问题。新学徒型裁缝知道地板确实需要去打扫，但相比之下，小学生可能不大清楚为什么必须解决单词问题。芭芭拉·罗格夫指出："学校教育原本就是由成人设计的一种专门化环境，它自然地将学习置于中心位置，正因如此，它与学习共同体有很大差异。在学习共同体中，孩子们在年长者的帮助下，通过参与到成人的团体活动之中，以一种无意识的方式进行学习"（Barbara Rogoff，1994，p. 217）。柯林斯（Collins，本书）观察到，学习过程可以分解为三个阶段：模仿（modeling）（专家示范所需的行为）、脚手架支持（coaching）（专家通过提供给学习者最近发展区的脚手架来帮助学习者）、隐撤脚手架（fading）（伴随着学习者独立地成长，逐渐去除学习的外部支持）。

第二个可选原型是在某一个特定领域中的科学家共同体。斯卡达玛莉亚与巴雷特（Scardamalia & Bereiter，本书）建议，学校应该创建学生小组，使之像成人科学家共同体那样工作。他们把这种方法称为"知识建构共同体"。通过吸收科学社会学的研究成果，如布鲁诺·拉图尔（Bruno Latour，Woolgar，& Salk，1986）所做的工作，斯卡达玛莉亚与巴雷特特别强调，科学家团队是如何批判彼此观点的，以及他们作为一个团队，是如何达到更深层次理解的。他们的知识论坛软件环境（之前称 CSILE）就是基于这个观点的。

在科学家共同体中，公开出版和同行评议的过程创造了一种公共对话，在这一过程中，观点受到批判且只有在经过多人严格的详细审查之后才可能被普遍接受。对专业人士来说，这个过程的目标就是提高可接受的知识的地位。当知识建构作为一种方法用于教育时，学生的目标就是通过参与这种对观点的协作性、批判性的对话来进行学习。知识论坛（KF）软件就是一个创建知识型学习共同体的好实例。知识论坛通过运用电子公告牌系统（BBS）创建学习共同体。软件则以各种各样的方式支持这个过程，如要求学生为每一个在线帖子贴上标签，说明帖子为这一话语作了什么贡献，例如，学生必须确定他们的帖子属于理论探讨还是属于个人观点。如果属于理论探讨，他们必须从下列子范畴中进行选择：我的理论、我需要理解、新信息、该理论不能阐释、一个完善的理论，或者把我们的知识组合在一起（Learning-in-Motion，2005）。这种附加的结构有助于学生参与元认知活动——不仅有助于他们思考科学内容，更为重要的是，有助于他们思考科学的方法和批判性探究的本质。就理想情况而言，在知识论坛的课堂中，课堂活动的目标从完成教师分配的任务，转变为通过知识建构话语获得关于所调查现象的更为深层的个人知识（Hewitt，2004）。

465

学习共同体的第三种新原型是巴西人的桑巴舞学校。桑巴舞学校是一种巴西人的社会俱乐部，其成员在一起合作，为狂欢节的展示做准备（也见 Kafai，本

书）。西摩·佩伯特（Seymour Papert，1980）写道：

> 在这一整年中，每个桑巴舞学校为下一个狂欢节精选主题，挑选明星，反复撰写并修改歌词，设计并排练舞蹈。学校成员年龄不一，有儿童，也有老人；能力各异，有新手，也有专家。不过，他们都会在一起跳舞，而且，在跳舞时，人人在学跳舞，也在教跳舞。在那儿，即便是明星也要学习有难度的舞步。(p. 178)

佩伯特被作为学习环境的桑巴舞学校的许多特征所吸引。在桑巴舞学校，活动都是自发的，与流行文化紧密联系，有创造性，也富有知识性，而且，它将不同年龄、不同阶层的人们融合到了一起。佩伯特建议，或许我们可以尝试创建一种“技术桑巴舞学校”，在这种学校，不同的人组成一个共同体，共同参与以技术为媒介的创造性项目。

对佩伯特的建议加以拓展，就成为将桑巴舞学校作为学习共同体的一种原型，乔斯·扎加尔（José Zagal）和我分析了现实中的桑巴舞学校支持学习的特点，并将之表述如下：

- **适应局外人**：只要通过买舞服、在狂欢节上与团队跳舞，人人都可能参与桑巴舞学校的核心活动。这为人们融入其中提供了简易的途径，他们日后还有可能被选为会员。
- **存在公共事件**：学校中所有的活动都集中在一件年度性的、高度引人注目的事情上。这有助于创造学校内部的生命节奏感，激励大家参与。
- **成员多样化**：桑巴舞学校成员在年龄、种族、社会经济地位等方面均有差异。这与传统的西方学校教育中因年龄、种族、阶层差异而造成严重的种族隔离现象形成鲜明对比。在学习共同体中，参与者群体愈多样化，其产生的协作类型也愈丰富（Zagal & Bruckman，2005）。

当我们逐渐理解以上所提到的学习共同体三种可选原型的特征时，我们就能更好地运用我们所学的知识，来创建 CMC 支持的学习共同体的新类型。

真实性

CMC 具备独特的支撑功能，用以支持学习共同体的形成。起初，我们可能把这些支持功能简单地分为传输信息的能力和联系他人的能力。计算机网络拥有将信息快速地从一群人传播到另一群人的独特能力。不过，科学社会学家，如布鲁诺·拉图尔已经论述过，人们对事实进行了社会意义上的建构（Latour et al.，1986）。在科学社会学家的模型中，当一群人——该领域中的科学家共同体——逐渐接受某一件事情为事实时，那一件事情就会成为一种科学事实。从社会意义

466

上来看，过程有助于新事实的创建，如同行评议过程。因此，联系他人和传递信息功能表面上看似是分离的，但实际上是密切相关的。不论是直接的，还是间接的，信息终究还是来自人。而资源的可信度则直接影响着信息的可信度。由此，我们就可以将互联网的两大关键功能——传播信息和联系他人——视为一个更为丰富的功能：传播情境性的信息。运用互联网可以帮助我们在人、观念之中创立一个丰富的网络互联。

如何应用这种新的工具来促进学习呢？有一个不同寻常的案例颇为引人注目：由美国军队年轻军官创建且为他们服务的 CompanyCommand. com 和 PlatoonLeader. org 网站（相关描述见 Baum，2005）。该领域的军官们发现自己面临着挑战，而正式训练并没有为他们应对挑战做好准备。在一个标准的军事情境中，如果一个人有好想法要与其他人分享，他就应向上级报告。随后，信息就会随着命令链缓慢地向上移动。一旦审查通过，这个好想法才进行正式调整，以符合军方政策的框架；数周或数月之后，它再以小册子的形式出现，被分发到其他官员手上。这个过程既漫长，又官僚化。两个年轻的少校军官奈特·艾伦（Nate Allen）和托尼·伯吉斯（Tony Burgess）发现，在晚上非正式的聊天过程中，他们经常可以共享有价值的信息。为了与其他人共享这个发现，他们自己花钱在一个民用的互联网服务器上创建了名为 CompanyCommand. com 的网站。在这个网站上，军官们能够实时分享经验、提供建议。事实证明，这个网站颇受欢迎，对大家的帮助也很大。很快，他们又为排领导建立了 PlatoonLeader. org 网站；而部队自己也为骑兵军官建立了 Cavnet 网站。

想想这样一个生动的例子：战场上的一位军官发现布告牌后被安放了炸弹，部队已得到命令要将之拆除。这个消息马上被贴在网上，以让下一批巡逻军官知悉。几小时后，在线跟帖证实了布告牌后面确实发现了大量炸弹。在这个例子中，通过以计算机为媒介的同事间的信息共享挽救了士兵的生命。更为普遍的情况是，初级军官们代表的是一个迫切需要学习的群体，而以计算机网络为媒介组建一个知识建构共同体获得了极大的成功——因为获得如此大的成功，部队派艾伦、伯吉斯和其他两位网站组织者去读博士，其后让他们继续在这些网站工作，并在西点军校执教（Baum，2005）。在这个案例中，我们看到了实践共同体和知识建构共同体都从 CMC 中的各个方面受益，并取得了喜人的成效。

课堂中的真实性

年轻的部队军官都拥有真实而迫切的学习愿望，渴望在部队中干得更好。而课堂上的学生在学习教师所布置的资料时，则往往感受不到真实的个人愿望，更感受不到迫切的需求。但是，计算机网络能够帮助他们解决这个问题。通过将学习者与真实的世界相连接，网络可以将学生与真实的问题联系起来，创建一个更

为真实的学习情境。学习科学研究者发现，一旦学习被置于真实世界的情境之中，而且关注的是对学生有意义的真实问题时，学生对学习材料更深层的理解力将得到发展。

谢弗和雷斯尼克（Shaffer & Resnick，1999）综述了与“真实性”（authen-
467
ticity）有关的教育文献，发现该词主要在以下四种典型的方式中使用：

- 与外部世界相联系的活动；
- 与教学相联系的评价；
- 与学习者想知道的内容相联系的话题；
- 与某一学科相联系的探究方法。

在以上各个方面，CompanyCommand 和 PlatoonLeader 所创建的真实学习环境，其贡献要远远大于军官在赴战场前接受的培训。

计算机支持的协作学习（CSCL）研究项目的一个热点是探究如何使课堂学习环境变得更真实（Stahl et al.，本书）。目前，这项研究在科学学习领域中进展尤为顺利（Linn et al.，2004；Songer，1996）。

早期一个著名的案例是全国地理儿童网络（National Geographic Kids Network）（Tinker，1991）。廷克（Tinker）小组创建了课程单元系列，每一个课程单元都让学生积极参与到科学实践中，即要求学生进行测量，与其他学生和科学家在线共享测量结果。在酸雨单元中，学生们自己设计雨水收集器，然后测量出所收集到的雨水的 pH 值。在正式测量之前，学生要学习相关的背景信息，赋予测量活动一个有意义的情境。接着，教师在学生说明所测数据、解释其含义时提供指导即搭建脚手架。到了周末，每个小组都要把数据值发送到一台中央计算机，在那里，科学家对数据值进行分析，并将分析好的结果发回给学生。廷克评论道：

> 这样的课程单元经常会激发学生与科学家之间的兴奋感和强烈的参与意识。孩子们感到他们做的事情是重要的；这并不是额外添加的无聊练习或需要按作业指南完成的实验。孩子们非常认真地对待所发出的数据，因为他们明白有人——其他班的学生和参与其中的科学家——将会看到他们的作品，而且其作品将会对人人都有机会进行分析的样品有所贡献。班上的效果是明显的：如果有雨，孩子们即便周末也会来，因为在暴雨过后马上测量 pH 值很重要；有时，学习能力差的孩子也会产生亮点；老师们报告说孩子们展现出了他们从来都不知道的潜能；还有的老师在了解到学生该单元的学习之后，会修正他们自己的整体教学策略。（Tinker，1991）

与其他学生共享真实的数据有助于创建一个更加真实的科学学习环境。在线交流的支持性功能帮助我们创建了这样一个情境，用廷克的话说，“孩子们感到

他们做的事情是重要的。”我们在人与观点之间创建的电子信息联系网站能够帮助学生摆脱多年以前撰写的课本和实验手册的束缚，融入到当代思潮中，并且成年人也卷入到那些思潮之中。

下面再举一个例子。在 SCOPE（在线科学辩论：教育中的伙伴）项目中，学生学习当代真实的科学辩论。SCOPE 单元探讨时下热门的话题，例如，为什么在北美有这么多畸形发育的青蛙，转基因食品是否会对健康带来风险。在学习畸形青蛙的课程时，学生首先观看有关畸形青蛙争论的录像。然后，他们浏览互联网上提供的背景信息，并使用“意义建构器”在线讨论工具（Bell，2004）评论信息。最后，他们从目前两个针锋相对的假设中作出一种选择，项目在班级辩论中达到高潮。菲利普·贝尔（Bell，2004）注意到，通过学习当前的辩论，学生们不仅有更强烈的动力学习科学内容，而且也会了解科学知识是如何建构的。

在这一部分，我描述了三种不同的学习共同体——CompanyCommand、全国地理儿童网络和 SCOPE——设计均强调真实性。这几种共同体与学习共同体中的实践共同体和知识建构共同体原型有着许多共同的特征。 468

对基于设计的在线学习的社会支持：穆斯交叉项目

在我的研究工作中，基于如上所述的三个学习共同体的原型，我有这样一个目标，就是通过互联网来设计一个有效的学习共同体。我从佩伯特的技术桑巴舞学校的观点中得到灵感，创建了穆斯交叉项目。我的目标是创建一种紧密联系流行文化的有趣环境，在这种环境中，不同年龄段的人们通过经由技术提供的脚手架来创新项目工作，并以一种自我激励的方式共同学习。

穆斯交叉（MOOSE Croosing）是一个基于文本的虚拟现实环境（或称 MUD——一个多用户区域）。在此环境中，8—13 岁的孩子们通过在在线世界中创造新的物体与场所来学习面向对象的程序设计，并进行原创性写作实践。在线世界由其成员创建，在其中互动的孩子们都沉浸在由他们同伴创建的项目中。为孩子们专门设计的编程语言（MOOSE）和环境（MacMOOSE 和 WinMOOSE）有助于他们轻松自如地学习编程。成员们不仅仅是体验这个虚拟世界——他们还在一起合作建构这个世界。例如，卡罗特（Carrot，一个女孩，9 岁）创建了一个游泳池联合体。在这个联合体中，她建立了各种物体的计算机图像，特别是游泳池本身。运用与游泳池图像储存在一起的数据列表，她能知道谁在游泳池中，谁在洗桑拿浴或谁在按摩浴缸（sauna or Jacuzzi），谁换了泳衣。显而易见，如果你已经在水中，你就不可能再跳入游泳池中……你必须先出来！（见图 27.1）这除了为卡罗特提供编程的机会之外，还为她提供了喜剧创作的机会。基于文本的环境属性并不是技术上的局限，而是经过深思熟虑后的设计选择：这能为孩子提供一个有趣的、可以激发想象力的语言运用环境。卡罗特喜欢邀请其他孩子来游

泳池里。孩子们把她的作品当作模型，轮流学习编程和写作。这个环境不只吸引了那些你理所当然会想到的想学习编程的孩子们，还吸引了许多背景各异的孩子们。

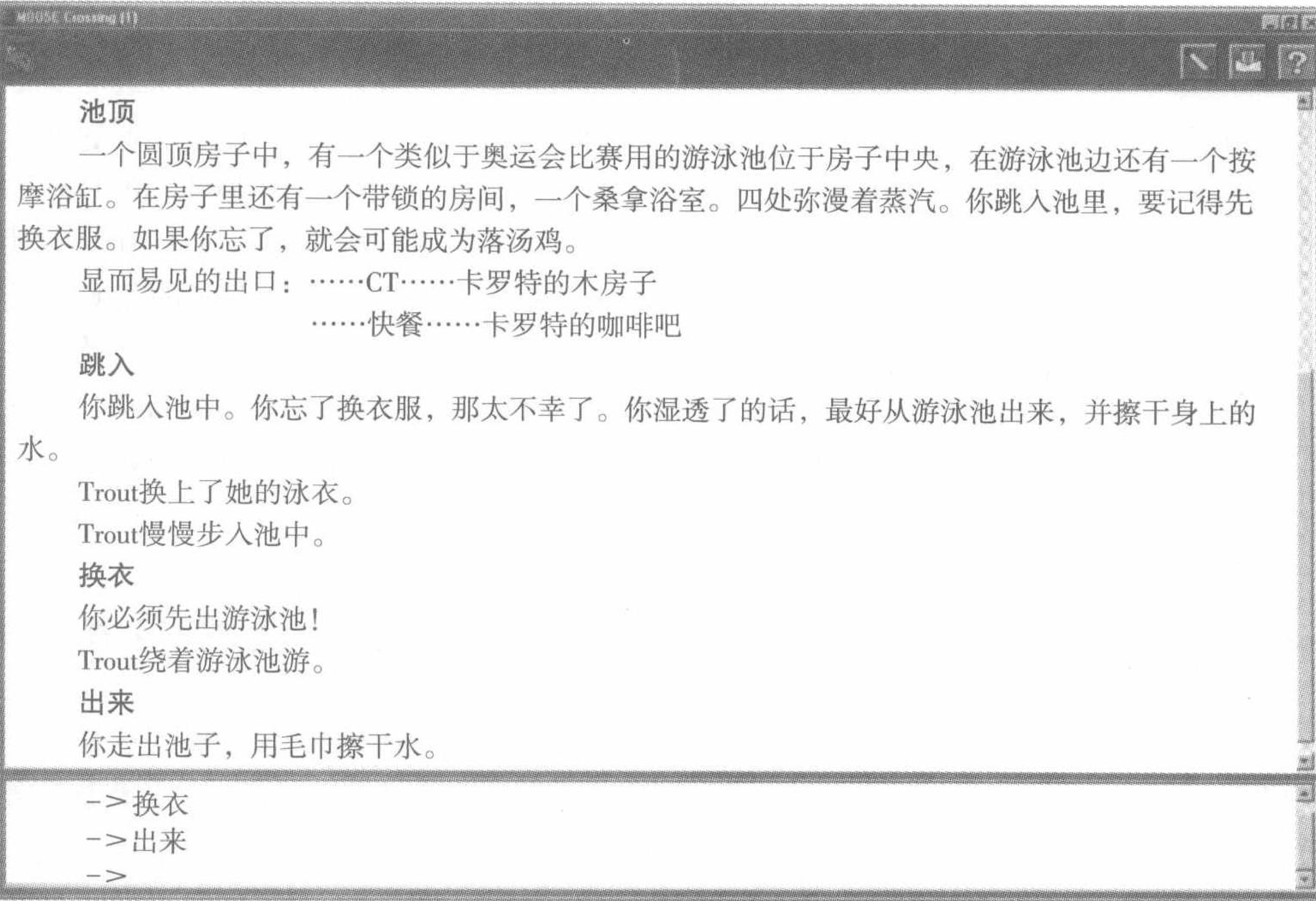


图 27.1　穆斯交叉项目中卡罗特的游泳池

网络学习共同体为学习提供了同伴互助的已有的支持资源。孩子们相互学习，从彼此的项目当中学习。为了弄清楚什么类型的项目是可行的，从事设计和建构活动的学生们有时需要得到帮助。在网络环境中，如穆斯交叉项目中，孩子们会持续不断地沉浸在同伴所创造的项目中。这些项目模型不仅能给他们带来灵感，而且还能成为具体的起点：你能在别人已做工作的基础上开始一个项目（Bruckman，1998）。

在这种环境中，同伴们不仅能帮助回答技术性问题，还能让学习者感到安心，并在遇到和自己项目中类似的挑战时鼓励学习者。同伴的支持往往不只是技术上的支持，通常也有情感上的支持。在回答问题时，某个孩子可能会告诉另一个小孩："对于那个问题，我开始也感到很困惑。"

网络学习共同体提供现成的角色模型资源。例如，有些女孩子往往会担心她们不适合编程，她们就会被成功参与此活动的女孩和妇女们所包围，并喜欢上编程。最后，网络学习共同体还能为已完成的作品提供有欣赏能力的观众（appre-

ciative audience)。孩子们与同伴分享自己的作品，他们会为自己的创造性而感到兴奋不已。一个 13 岁的女孩评论道：

> 穆斯交叉还有一项好处，即我感觉自己好像真的能帮助别人了。我喜欢学习，喜欢独自做一些事情，不过，我上这儿来的真正原因是我感到别人需要我，希望我来。尽管编程很有趣，但如果没有人欣赏，我想我不会去做。

从这项工作中，我发现网络学习共同体能为学生进入如下领域做好准备：

469

- 角色模型；
- 项目模型；
- 技术支持；
- 情感支持；
- 具有欣赏能力的受众。(Bruckman，1998)

穆斯交叉项目与其他项目有很大不同，比如，许多源于计算机应用的"样品文件夹"(samples folder) 项目。首先，每一个项目的创建者都有清楚的标记。这些项目不是由高高在上的、遥不可及的权威人士建立的，而是由他们的同伴建立的。这一点传递给孩子们的信息是，他们也能做类似的事情。而且，在许多情况下，与某一个受人赞赏的项目的真正创作者进行联系是可能的。许多成功的学习对话是这样开始的："我很喜欢你的宠物龙！你是怎么做的?" 如果"样品文件夹"中的龙几乎是一样的，那么其作用就小很多。所以，它关注的不仅仅是用于支持学习的内容，而且还有**情境**和学习环境其他各个方面的**关联**。

网络学习共同体能为有时不敢参与智力活动的学习者提供支持 (Pintrich & Schunk，1996)。如果一个学生担心有人和他们（例如，由于性别、种族或者年龄）一样不擅长于某一项具体的智力活动（像数学或者计算机)，那么，只要他们在网络环境中出现，网络学习共同体就会提供帮助。例如，当你置身于积极的角色模型中，如在数学论坛中那些取得成功的女孩和妇女，你就无须担心"女生就是不擅长数学"这样的话 (Renninger & Shumar，2002)。

对穆斯交叉的学习分析表明，在下列情况下给予学习支持将更有价值：

- 来自于那些拥有积极个人关系的学习者的资源（人力资源或者计算机资源)；

470

- 随手可得；
- 与其他支持性资源紧密联系；
- 与每天的活动紧密联系。(Bruckman，2000)

CMC 所具有的独特支持，能够帮助学习共同体的设计者提供情境化的学习支持。

在某种程度上，穆斯交叉项目是一个依靠桑巴舞学校的隐喻的极端案例。网

络中的学习脚手架主要还是社会性的。其环境不仅是娱乐的，而且是开放的——学生可以自由选择，积极参与到精彩的创造活动中，偶尔涉足一些纯粹社会性的小型项目当中，或者不参与任何项目。这类似于一个开放的文化机构，像桑巴舞学校一样——在桑巴舞学校，人人都可能成为令人惊艳的舞蹈者、舞蹈指导者或者服装设计者，或许只是来露露脸，或者根本就不来。在一些情况中，穆斯交叉项目的开放特性能鼓励参与者用一种全新的方式来关心他们自己的项目。对其他学生而言，这种情况是不可能发生的。因为活动时间自由、自愿参与，其结果值得期待，也容易被接受。并非所有学生都想在钢琴课上表现优秀——某些人偏偏喜欢棒球社团，或者其他团体及个人的活动。但对于一项校内活动而言，这势必就存在问题。我们通常期望义务教育活动的结果是所有学生的成绩不要过于标准化，即使这明显降低了优秀学生的成绩。(Bruckman et al.，2000)。

像佩伯特这样的激进思想家们，倡导对学校的基本特性进行根本性反思，将上述开放性特征融入学习中。虽然像我这样的中立者会把不均衡的学习结果视为问题，但我们仍然要努力在更为正式的情境中找到保持开放学习环境之活力的方法。更为系统的经验是，任何一个学习共同体的假定模型要获得成功，都取决于情境中的许多具体细节，而将那种模型转换到其他情境往往不是一个直接的过程。不过，我们对自己的模型理解得越深入，我们就越可能开发出一个更丰富的设计元素。

结论

尽管很多网络学习共同体的丰富工作是在数学（Renninger & Shumar，2002）和科学（Linn et al.，2004；Songer，1996）领域完成的，斯卡达玛莉亚与巴雷特提出，应该围绕我们希望学生可以理解的几乎所有领域建立知识建构共同体(Scardamalia & Bereiter，本书)。例如，在写作工作坊中（Lensmire，1994），学生围绕创造性写作建立一个学习共同体；在互动教学中（Palincsar & Brown，1984)，学生小组共同学习，帮助彼此搭建脚手架，发展各自理解课文的能力。佩林克萨尔和拉德维斯基（Palincsar & Ladewski，本书）表明互联网对读写能力的培养变得非常重要，它创建了一个真实的，激励性的环境来帮助学生参与书面交际。

未来的研究应探讨如何使学习共同体更为有效，并且研究将总是受到一个或多个学习共同体原型的引导。研究者选择的具体原型将会控制学习环境的哪一种特征得到强调。如果研究者能明确哪一种学习共同体原型引导着他们的研究，那么，这种研究就会更有价值。

当我们逐步更好地理解 CMC 的特征时，新的学习共同体将可能会出现。而实现这一潜在可能性的主要挑战在于，培育一种对各种已有的学习共同体更为深

层的、重在细微差别和具体细节的理解力，并支持那种理解力指导我们对各种新型的在线学习共同体进行探索。最后，我们将超越那些基于现存的学习共同体的原型，新的在线学习共同体类型也将出现，而那些新类型与从前已经形成的学习共同体将没有任何直接的关联。理解和学习现有的学习共同体则是实现这种愿景的必经之路。 471

参考文献

Barab, S., Thomas, M., Dodge, T., Carteaux, R., & Tuzun, H. (2005). Making learning fun: Quest Atlantis, a game without guns. *Educational Technology Research and Development*, 53 (1), 86 - 107.

Barton, B., Schwartz, D., Vye, N., Moore, A., Petrosino, A., & Zech, L. (1998). Doing with understanding: Lessons from research on problem-and project-based learning. *Journal of the Learning Sciences*, 7 (3 & 4), 271 - 312.

Baum, D. (2005, January 17, 2005). Battle lessons: What the generals don't know. *The New Yorker*, 42 - 48.

Bell, P. (2004). Promoting students' argument construction and collaborative debate in the science classroom. In M. C. Linn, E. A. Davis, & P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 115 - 143). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bruckman, A. (1998). Community support for constructionist learning. *Computer Supported Cooperative Work*, 7, 47 - 86.

Bruckman, A. (2000). Situated support for learning: Storm's weekend with Rachael. *Journal of the Learning Sciences*, 9 (3), 329 - 372.

Bruckman, A., Edwards, E., Elliott, J., & Jensen, C. (2000, June). *Uneven achievement in a constructionist learning environment.* Paper presented at the International Conference on the Learning Sciences, Ann Arbor, MI.

Dewey, J. (1938). *Experience and education.* New York: Macmillan Publishing Company.

Edelson, D., & O'Neill, K. (1994, June). *The Covis collaboratory notebook: Supporting collaborative scientific inquiry.* Paper presented at the National Educational Computing Conference (NECC), Boston, MA.

Hewitt, J. (2004). An exploration of community in a knowledge forum classroom, an activity system analysis. In S. Barab, R. Kling, & J. Gray (Eds.), *Designing for virtual communities in the service of learning* (pp. 210 - 238). New York: Cambridge University Press.

Hillery, G. A. (1955, June). Definitions of community: Areas of agreement. *Rural Sociology*, 20, 111 - 123.

Kling, R., & Courtwright, C. (2004). Group behavior and learning in electronic forums, a sociotechnical approach. In S. Barab, R. Kling, & J. Gray (Eds.), *Designing for virtual communities in the service of learning* (pp. 91 - 119). New York: Cambridge University Press.

Kolodner, J., Camp, P., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar,

S. , & Ryan, M. (2003). Problem-based learning meets casebased reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design into practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12 (4), 495 - 547.

Lakoff, G. (1987). *Women, fire, and dangerous things; what categories reveal about the mind.* Chicago: University of Chicago Press.

Latour, B. , Woolgar, S. , & Salk, J. (1986). *Laboratory life.* Princeton, NJ: Princeton University Press.

Lave, J. , & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation.* Cambridge: Cambridge University Press.

Learning-in-Motion. (2005). *Knowledge forum.* Santa Cruz, CA: Learning in Motion.

Lensmire, T. J. (1994). Writing workshop as carnival: Reflections on an alternative learning environment. *Harvard Educational Review*, 64 (4), 371 - 391.

Linn, M. C. , Davis, E. A. , & Bell, P. (Eds.) . (2004). *Internet environments for science education.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Palincsar, A. S. , & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension fostering and comprehension monitoring. *Cognition and Instruction*, 1 (2), 117 - 175.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas.* New York: Basic Books.

Papert, S. (1991). Situating constructionism. In I. Harel & S. Papert (Eds.), *Constructionism.* Norwood, NJ: Ablex Publishing.

Pintrich, P. R. , & Schunk, D. H. (1996). *Motivation in education.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

472 Renninger, K. A. , & Shumar, W. (2002). Community building with and for teachers at the math forum. In K. A. Renninger & W. Shumar (Eds.), *Building virtual communities* (pp. 60 - 95). New York: Cambridge University Press.

Rheingold, H. (1993). *The virtual community: Homesteading on the electronic frontier.* Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company.

Roberts, T. (1998, April). *Are newsgroups virtual communities?* Paper presented at the CHI, Los Angeles, CA.

Rogoff, B. (1994). Developing understanding of the idea of communities of learners. *Mind, Culture, and Activity*, 1 (4), 209 - 229.

Scardamalia, M. , & Bereiter, C. (1994). Computer support for knowledge-building communities. *The Journal of the Learning Sciences*, 3 (3), 265 - 283.

Shaffer, D. W. , & M. Resnick (1999). "Thick" authenticity: New media and authentic learning. *Journal of Interactive Learning Research*, 10 (2), 195 - 215.

Shumar, W. , & Renninger, K. A. (2002). On conceptualizing community. In K. A. Renninger & W. Shumar (Eds.), *Building virtual communities* (pp. 1 - 17). New York: Cambridge University Press.

Songer, N. (1996). Exploring learning opportunities in coordinated network-enhanced classrooms: A

case of kids as global scientists. *The Journal of the Learning Sciences*, 5 (4), 297 - 327.

Tinker, R. F. (1991, July). *Science for kids: The promise of technology.* Paper presented at the AAAS Forum: Technology for Teaching and Learning, Washington, DC. Available at http://archive. concord. org/publications/sci4kids. html, accessed November 22, 2005.

Wellman, B., & Gulia, M. (1999). Virtual communities are communities: Net surfers don't ride alone. In M. A. Smith & P. Kollock (Eds.), *Communities in cyberspace.* New York: Routledge.

Wellman, B., & Leighton, B. (1979). Networks, neighborhoods, and communities: Approaches to the study of the community question. *Urban Affairs Quarterly*, 14 (3), 363 - 390.

Zagal, J., & Bruckman, A. (2005). From samba schools to computer clubhouses: Cultural institutions as learning environments. *Convergence*, 11 (1), 88 - 105.

第六部分

学 习 环 境



第28章

学习环境中的动机与认知投入

菲莉斯·C. 布卢门菲尔德，托尼·M. 肯普勒，
约瑟夫·S. 克拉伊切克

475

如果学习环境是建立在学习科学原则（如项目、问题和设计方法）的基础上，它们就更能激发学生的动机。学习科学原则用以敦促学习者对内容进行深入思考及理解，一般包含真实性、探究、协作与技术，这些原则对于理解与综合学科相关的关键概念来说是必需的。要想让学习科学的方法起作用，学生就必须投入相当的精力，必须能够坚持对问题解决的探究。比起在传统环境中，基于学习科学原则所设计的新环境在许多方面都要求学生在学习上要更具动机（motivation）（Blumenfeld et al.，1991）。虽然有证据显示，学生对这些新环境的反应更加积极（Hickey，Moore，& Pellegrino，2001；Mistler-Jackson & Songer，2000），但我们仍不太清楚学生是否愿意投入必要的时间与精力去达到理想的理解水平。学生乐于参与许多课堂活动，但这些课堂活动不一定能够激发他们的认知投入。

认知投入（cognitive engagemnt）的概念、动机研究理念与学习策略使用的相关理念这三者之间是紧密结合的。紧密结合指的是学生愿意投入学习、努力学习，同时采用必要的认知、元认知与意志策略（volitional strategies）以促进理解（Fredricks，Blumenfeld，& Paris，2004）。使用的策略可以是表面的或深入的。表面的认知策略包括记忆与精密性（elaboration）策略，而深度投入指的是当学生尽力将新观念与旧观念联系起来时使用精密性与组织性（Organization）策略。元认知策略包括完成任务时对目标的设定、计划、监控、评价以及对过程采取的必要的调整。意志策略指的是对注意的控制、影响的控制及努力的控制。

476

过去许多研究都调查了学生积极的态度（喜欢与兴趣）、参与和成就之间的关系，这些工作主要是在传统环境中进行的。这些研究反映了这样的事实：在传统课堂中，测试主要由实际问题和简单应用两部分组成。虽然学生的动机是简单的集中注意，他们使用低水平的学习策略来记忆信息，但他们都能在这些测试中做得很好。一些学生可能不愿意深入地投入到材料中，将新的材料与原有知识相联系，重新考虑自身的观念，评价并修订自己的工作，同时进行自我控制，而基

于环境的学习科学所要求的恰恰就是这些。教师与设计者面临的挑战就是要让学生产生认知投入，实现学习科学原则的动机益处最大化。

在本章，我们先简要地回顾动机与认知投入的相关文献，然后探讨基于环境的学习科学的主要特征以及如何对它们施加影响。我们将指出每个特征对师生提出的挑战，这些挑战可能会对动机产生消极的影响。此外，我们还将探究，当设计学习环境并将其应用于课堂时，应该如何应对这些挑战。

动机与认知投入的决定因素

动机为认知投入提供基础，通过提高认知投入的质量，动机可以导向成就。即当学生致力于创建知识并应用较高层次的学习策略时，能够加强学生对内容的理解与对技能的掌握。

我们接下来的讨论将遵循以下三个假设：第一，动机具有个体差异（individual differences），但课堂背景与教学实践能够影响学生的简单参与以及投入学习和理解的意愿。第二，由于动机彼此相关相互影响，因此，通过改善动机的某一方面去改革课堂的一个特征，可能对课堂的其他特征产生影响。第三，动机是循环的，即学生的兴趣可能令他们更深入地投入到材料中，从而增加学生掌握的技能与知识，而技能和知识的增加又能够进一步激发学生的兴趣并维持认知投入；同理，成功地创作一件物品、掌握一个观念或技能能够给学生带来较大的效能感，能够让他们更好地认识到努力的价值，从而产生更高水平的投入。

下面我们来探讨动机和认知投入的四个决定性因素，并指出可能对其产生影响的学习环境特征。对于动机的每一个决定性因素，我们都将探讨其定义、成果以及对课堂实践的影响。

价值

学生一般从以下几个方面来评价课堂活动任务的价值。第一，**内在价值**（intrinsic value），学生对任务的兴趣以及在从事任务时体验到的快乐都将影响其内在价值。第二，**工具价值**（instrumental value），指的是学生认识到这些任务能够与自己的日常生活和未来目标相联系。第三，**实现价值**（attainment value），指的是学生完成任务时能够确立个体的重要性。

任务价值最值得研究的方面是内在价值，现在已有专门研究学生兴趣的相关文献。我们将兴趣文献进一步区分为短期的情境兴趣（situational value）与持久的个人兴趣（Personal interest）两种形式，后者在概念上与内在价值相似。提高学习任务的多样性、新奇性、活泼性和挑战性，就能够提高学生的情境兴趣（Mitchell，1993）。很多时候，只有少部分学生对学习任务有所了解，拥有真正的兴趣，而大部分学生没有做到这一点。要想抓住大部分学生的兴趣，情境的特

点至关重要。当学生的兴趣得以持续时，情境兴趣就可以转换为米切尔和伦宁格（Mitchell & Renninger）所说的“持续”（hold）（Mitchell，1993；Renninger，2000）。对学习任务的持续性兴趣和较多的投入能促使学生产生更具深度的认知投入（Hidi & Harackiewicz，2000）。

与学生的个人生活建立联系，在有意义的任务情境中介绍新概念和新技能，在掌握技能及较好地完成某学科的任务时强调工具价值，都可以提升任务的价值。例如，教师共同体可以请当地的专家和演讲者作报告，这样能使学生与校外生活的联系更真实。提升价值的另一种方法是，收集一些学生感兴趣的任务主题（如太空旅行，恐龙）进行教学。又或者，让学生致力于问题，采用与学科专家（如科学家与数学家）相似的实践活动来提升任务的价值。

值得注意的是，强制提高兴趣也可能会引起反作用，降低学习效果。布罗菲（Brophy，1999）曾表明：反对使用“铃铛与口哨”的方式吸引学生的兴趣。事实上，有关兴趣的文献特别指出，反对在课本中使用诱人的细节（Schraw & Lehman，2001）。诱人的细节虽然可以让学生有很高的兴趣，但可能会把学生的注意力吸引到不相关的问题上，令学生的注意力偏离主要观念。例如科学课上使用的课堂示范，如爆炸声效或其他引起注意的装置都可能产生上述后果。

能力

学生对自我的能力感也称效能感，指的是学生能够在某个课堂或任务中获得成功，它能鼓励学生坚持努力学习、持续使用高层次学习策略并选择有挑战性的学习任务。相反，效能感低的学生为了确保成功，可能更倾向于选择容易的任务，或更有信心完成的任务，他们会避免完成困难的任务。当教师提供策略、技能及概念指导等支持时，学生的效能感会得到增强。此外，在准备学生活动时，脚手架能够为教师提供参考观点，分解学习任务，这也有助于提高学生的自我效能感。最后，注意并鼓励学生的进步，对学生的工作进行有益的反馈，也能够提高他们的效能感（Schunk & Pajares，2002；Wigfield & Eccles，2000，评述）。

关联性

当学生与同伴或教师进行积极交互时，他们对自身与周围事物的关联性（Relatedness）和归属感的需求就能够得到满足。教师和同伴对学生表达尊重、关注和关心，学生的归属感就能得到满足（Battistich et al.，1997；Davis，2003；Wentzel，1997）。此外，与同伴协作的机会可以提高对关联性的感知（Cohen，1994）。满足了关联性，可以提高学生的兴趣、参与度及学习的努力（Wentzel，1997）。

自主性

自主性指的是对力量感（a sense of agency）的感知，当学生有机会进行选择或在自我指导活动中发挥重要作用时就会产生这种自主性。教师允许学生自己选择学习任务，选择学习活动计划和开发作品，这可以提高学生的自主性。当教师的实践活动支持学生的自主性时，学生就会有浓厚的兴趣，并且愿意接受挑战（Ryan & Grolnick，1986）。

动机与认知投入的挑战

学生仅仅具备学习动机不足以保证学习的成功。如何将学习和成就与前面提到的价值和需要联系起来呢？认知投入为此提供了方法。如果学生能够对任务主题进行估计、能够觉察到自身需要的满足，他们就更可能继续努力，并使用深层学习、元认知和意志策略去投入学习。

478

研究者通常作出以下假设：在基于学习科学的课堂里，学生在有意义的问题中进行协作、将自身投入到生动的学习活动中、使用技术并创作作品，可以充分激发学生的学习动机、增加其认知投入。但这种假设并没有充分的根据，虽然基于建构主义的学习环境比传统学习环境更能提高学生的认知投入，但是，这些环境也可能引起一些问题，影响学生的认知投入意愿。

大量的证据表明，高质量的投入很难实现。即使学生的认知投入在最初得到激发，学习环境的某些特征也可能会影响认知投入的质量。学生需要适应新型的师生关系：教师转变为帮助者，而不再是知识的主要来源。学生不得不熟悉新课堂的标准与规则，他们需要重新调整与教师的关系，他们要为自己的知识建构和学习提高负责，他们必须进行自我调控。此外，学生必须学会协作、加强共同体知识，这意味着学生必须积极参与小组协作及全班的课堂讨论。学生以斯卡达玛莉亚、巴雷特和拉蒙（Scardmalia，Bereiter，& Lamon，1994）等人所称的“课堂作业模块”（schoolwork module）的方法来应付课堂作业，他们以最小的努力去完成作业。斯卡达玛莉亚等人比较了这种低质量的投入与“有目的的学习者”的区别，认为“有目的的学习者”努力发展自己的知识和技能，以长远的目光来加深自己对知识的理解。

新课堂规范要求在整个活动期间都应该对学生的观念与作品进行批判，但学生可能对工作进行反思与修订这一观念。主要原因是：第一，面对挑战，学生的气质具有个体差异，一些人可能反应积极，另一些可能会回避困难的工作（Meyer，Turner & Spencer，1997）。另外，对于一个既定的任务或探究任务，学生自身也存在差异（Patrick & Middleton，2002）。第二，修订与反思的前提是要

求学生有相当的自我效能感，因为学生可能会不愿面对与自身观念或探索冲突的矛盾（Pintrich，Marx，& Boyle，1993）。学生可能不愿做更多的工作，因为他们认为自己所做的已经足够完成任务了。当成功要求的努力超出他们愿意付出的努力时，学生就会开始抵制、抱怨，甚至对任务要求进行重新协商与调整（Doyle，1983）。学生可能认为教师的批评、指出的错误反映了他们能力差，而不将其看成是学习的机会。他们可能并不认为学习是这样一个过程：在这过程中学生的作品只反映他们当时的想法，而修改则可以引导他们作出更好的理解。马丁（Martin，2000）描述了这么一件事：在一个基于建构主义的中学数学项目中，学生认为工作太多、太难，所以他们拒交作业、不重做作业、不协作，教师最后只能放弃这个项目。

评价是课堂学习要面对的重要的问题。虽然许多新项目都试图减少对成就的强调，转而关注学习的价值与改进，但是仍然存在全国范围的测试，仍然要评定学生的分数。因此，学生并不愿意参加长时间的、挑战性大的学习任务，因为他们担心自己做不好。

最后，最大的问题就是，即使证实了学习环境的特征能够激发学生的动机，让学生产生认知投入，但他们可能缺乏为了实现更好的理解而需投入的技能。有时候，学生会缺少原有的知识或未经加工的事实，使得新旧知识的联系很困难，因此难以达到更深入的理解。学生需要对不同的活动进行长期的计划以及对当前的任务进行战略上的规划。此外，在从事复杂与长期的任务期间，学生需要控制并坚持自己完成任务的思维与行为。学生需要有与其他人协作及学会有效参与讨论的技能。最后，这种学习类型要求学生同时运用上述所有技巧。

479

鉴于基于环境的学习科学提出的这些挑战，我们就要考虑，有意义的学习任务、协作学习和技术究竟是否有利于学生的认知投入？或许，这些特征只能“引起”而不能“保持”学生的兴趣。如果是这样，面对出现的挑战，为了保持学习者的学习动机，教师与设计者将需要探索以下内容：要采取哪些步骤才能将学生的学习兴趣转换为课程所要求的有意义的、高质量的认知投入？其中的关键在于教学设计者和教师要想方设法为学生提供脚手架，支持并鼓励学生持续使用并发展上述技能。

学习环境的具体特征对动机与认知投入的影响

我们认为，基于环境的学习科学的特征对动机提出了挑战。在这一部分，我们将对这些特征进行探讨，主要包括真实性、探究、协作与技术。为了表述上的清晰，我们对每一个特征都进行单独的探讨，但实际上它们之间是紧密联系的，均对影响动机与认知投入方面具有指导意义。我们的目标是，为了应对挑战，找出设计与教学需要考虑的问题。基于自身与他人的经验，我们在这部分探讨教师

与学生面临的挑战，并指出为了迎接这些挑战而使用的具体的、多样化的策略。

真实性

真实性是通过把真实世界、学生的日常生活、学科实践三者联系起来，并通过知识的转化来实现的（Newmann，Marks，& Gamoran，1996）。学习内容经常存在于疑问、问题、设计及包括重要主题概念的特定事件中，所以，学习者只有在学习过程中才能学会思考、学会处理问题，并掌握相关的技能。例如，学生在学习生态环境和自然选择时，利用 BGuILE 学习环境加拉帕格斯雀类来调查植物和动物的群体变化。

有意义的问题为学生创造“需要知道的情境”去学习具体的观念与概念，并提供一个线索让学生去理解这些观念与概念。当课堂涉及有关现实世界的问题时，这些有意义的问题就为学生理解课堂上的概念提供了多种机会。学生能够在创作最终作品时应用课堂上所学到的内容与技能。对现实世界问题的模仿能够激发学生的兴趣，而最终作品则为认知投入与知识转化提供了场所。

第一个教学挑战是：如何确定学生认为有意义的学习任务？课堂上的经验显示，在城市中学里，学生的动机有效性存在差异。学生认为一些问题比另一些问题更现实，他们认为关注生态问题（如“我所在的社区的空气质量如何”）比关注物理问题（如“我们如何才能做大事”）更具有现实意义。我们很难挑选出既有意义，可以在活动中表现出来，又能够符合教学大纲和学习目标的问题、任务或教学设计。第二个挑战是可行性。为课堂设计既有意义又能反映课外世界的问题，其实是一个巨大的挑战。时间、资源、技术是否便利，以及在社区环境中如何管理学生等问题都限制了我们的选择。第三个挑战是必须保证多样有趣的驱动问题和抛锚事件不会消耗学生的认知投入（Brophy，1999）。巴伦等人（Barron et al.，1998）描述了一个例子：学生过度着迷于火箭测试，他们相互比赛，看谁的火箭飞得最远，以至于忽略了隐含在火箭有效设计中的原理。

增强动机的一个有效方式就是让学生自己选择驱动问题，但这个策略并不总是有效，因为学生选择的疑问、问题或设计很难与国家、州或地区的标准一致。教师必须收集必要的资源与材料来支持学生提出的问题，因而没有足够的时间和精力帮助每一个儿童选择有价值的问题，然后制订儿童的个人计划，尤其是当该老师同时负责多个项目时，情况更是如此。当每学期的问题发生变化时，教师不能使用他们过去对特定问题的经验去改善随后的课堂设计，因此，激发学生兴趣的一个折中的解决办法就是允许学生提出子问题，或者允许学生调查大问题框架内的具体问题。

学生的文化背景与学校的环境也会影响学生对真实性的看法。莫杰等人（Moje et al.，2004）讨论了年轻人校内外经验割裂的问题。他们的案例研究显

480

示，学生常讨论在课堂上学了什么，但从不试着将这些内容与课外的问题相联系。让学生将在学校学到的东西与日常生活的问题相联系，莫杰等人称之为在“第三空间”工作，他们建议教师在教学过程中将科学家理解的现象与日常生活及文化解释联系起来。由于一些驱动问题对大部分学生有用，但是对其他学生却不然，我们建议，可根据学习共同体的知识基础来使问题更具意义（Moll et al.，1992）。莫尔等人描述了这样一个学习项目：该项目将园艺和自动机械相联系，学生的家长和亲戚都参与到这个项目中，与学生共同交流经验和知识。

如果驱动问题一开始不起作用，我们可以通过再设计让它变得有效。埃德尔森、戈登与皮（Edelson，Gordon，& Pea，1999）在报告中指出，在早期“世界观察者”的研究实例中，研究者认为学生对驱动问题感兴趣，但学生的反应并非如此。作者发现，在争论全球变暖的话题时，增加对人和环境因素、社会和政策因素的讨论，有助于提高学生的兴趣和认知投入。

探究

探究包括多个特征，每个特征都具有影响任务价值与学生自主意识，进而激发学习动机的潜力。当学生有机会决定收集、分析与解释信息的方式时，他们的自主性会得到加强。学生的作品选择与呈现方式也会加强他们的自主性与认知投入。学生在学习过程中把自己看成科学家、数学家或历史学家，探究真实世界的主题，与课堂内外的人分享成果与结论，这样学生就能够产生价值感并愿意承担更多的义务。学生的认知投入对于每一个调查阶段而言都是必要的。当学生归纳、计划、决策、把信息与数据转换成多样形式时，要求他们具备高水平的学习策略和自我调节能力。

探究的每个特征在实现激发动机的潜能时都遇到了困难。我们在以下部分来探讨探究的协作与技术。这一部分我们将目光集中在复杂性与困难带来的动机挑战上。复杂性指的是任务有许多不同的步骤与部分。困难指的是当要求学生理解内容知识与过程、应用多种技能、归纳和解决问题时，每一部分都具有认知挑战。

481

探究是复杂的过程。为了成功，学生需要采取多种措施，实践多种行为。例如，学生提出问题，获取所需的信息，制订计划，这可能需要学生设计实验或进行网络搜索，决定以何种方式系统地收集正确数据，作出适当的结论，并与他人分享结论。其中涉及的每一步都要求学生具备处理技能、文献技能与计算技能。处理技能包括如何提出问题，这些问题是可以回答的，包含重要的内容、设计实验的知识，以及如何进行文献研究、完成数据收集及数学操作的能力、了解所完成的事情的组织能力。文献与计算技能包括理解文本、图表及其他陈述的能力。

除此以外，学生还必须掌握元认知技能，因为他们必须要确定学习目标，监

控学习过程，评估自己是否在朝着目标努力。学生也必须采用学习策略将新信息与先前知识联系起来，进而组织自己的思维。事实上，学生不但必须同时使用这些学习策略、元认知策略及探究处理技能，也有必要与他人协作使用这些策略和技能，而这会使探究变得更加复杂和困难。

动机研究显示，学生喜欢中等程度的挑战任务（Ryan & Deci，2000）。许多描述研究显示，仅仅提供高水平的研究不足以保证学生产生更高的认知投入或更高水平的思考（Blumenfeld & Meece，1988）。如果任务太难或者占用时间太多，学生可能不会保持认知投入所必需的努力去完成学习目标。第一，可能是由于学生认为任务价值与投入质量不匹配。第二，如果任务过于复杂，学生可能会感到无法完成工作。第三，即使学生感兴趣，但在探究或创作作品过程中遇到太多的困难，学生也可能受到打击，导致气馁。第四，气质的个体差异意味着部分学生可能不顾学习目标，而将注意力更多地集中于分数或任务的完成。这部分学生遇到困难时的反应是与教师协商，降低认知要求。因此，虽然参与探究活动可能会激发学生动机，但面对上述困难时，学生维持动机或认知投入的努力可能并不足够。

我们曾描述了学生对探究的认知投入，最初的经验揭示了另一个难题：学生通常对问题的表面特征而非其深度内容感兴趣。（Krajcik et al.，1998）学生经常对调查过程中的所见所为感到兴奋，然而，缺乏技能的学生即使表现得很有兴趣、很兴奋，也无助于将此兴趣转化为对学习内容的认知投入。例如，有一个关于垃圾的项目，当研究影响腐烂的条件时，学生观察试管中霉菌的生长。他们都在大声谈论霉菌的繁盛，这说明他们只关注表面现象。此外，当老师要求学生对霉菌进行深入研究时，学生仅仅考虑到要确定霉菌的形状，并未考虑到其间的科学含义，也没有将观察的结果与学习的问题相联系。同样的，学生在分析数据时并没有分析所有的相关信息，而仅分析他们觉得有趣的部分。这样一来，学生的兴奋与兴趣虽然足以使他们坚持参与调查，但可能不会引发更深层的认知投入。

另外一个挑战是，那些具备必需知识与技能的学生，可能并没有适当地使用这些知识与技能以形成概念理解。学生没有产生认知投入的一个原因可能是由于他们没有意识到哪些技能是必需的。第二个原因可能是学生不能同时处理多种类型的知识、技能与策略。第三个原因可能是当项目持续的时间过长，学生会感到厌烦，因为他们习惯于短期的活动。当学生试图跟上长期探究的进程与步骤时，他们可能会忽略探究的最终目标。为了保证调查过程中学生的动机，教师需要开展既能激发学生学习动机又能支持学生认知投入的实践。教师和教学设计者在引导学生探究时，可以把任务分解成便于管理的几个小部分。短小、结构良好的探究互动，如运载火箭单元（Holbrook & Kolodner，2000），可以用来反映长期努力过程中所需的步骤、技能及策略。此外，教师关注学生的进步、技能的发展以及调查过程中知识的发展，并将这些信息及时反馈给学生，将能够提高学生的自

482

我效能感。教师可以不断地强调学生提出问题的价值与重要性，帮助学生维持兴趣，从而在从事复杂、困难的活动时能够关注更大的问题。在增强学生的认知投入时，教师需要为特定技能的使用和多种技能的协调使用搭建脚手架。教师应该通过教学实践来处理上述的探究技能脚手架，鼓励学生超越任务的表面特征。在这里，脚手架不但具有支持学生应用处理技能与学习策略的潜力，也能让学生认识到自己的能力。最后，通过提示、鼓励和反馈，教师可以激励学生整合并明确任务的意义。为了督促学生，教师可以让学生在讨论、作业、制作作品以及表达时解释并阐述自己的答案。案例研究显示，随着时间的推移，学生的探究技能在逐步提高，教师和设计者必须认真培养、支持学生的探究技能（Roth & Roychoudhury，1993）。

协作

与同伴的协作可以鼓励学生的学习动机与认知投入。协作包括与他人在课内外的协作、获取信息、分享并讨论观点、交换数据与解释、获得工作中的反馈等方面。大量研究显示，学生在这些协作机制中的态度很积极（Cohen，1994）。原因如下：第一，协作能够加强动机，因为与同伴或成人一起工作时，协作能够满足学生相关性的需要。当学生面对共同目标、感到自己与他人共同对成功负责时，其效能感与社会目标会得到确认和加强（Wentzel，1997）。第二，由于组内某些成员可能对技术更加熟练，或者比其他人拥有更广博的知识和不同的才能，因此，共同的努力可以减少成员的不自信（Hickey，1997）。第三，当学生在协作过程中进行观点的阐明、解释、争论和评论时，协作可以促进他们的认知投入（Yackel，Cobb，& Wood，1991）。

霍尔布鲁克和科洛德纳（Holbrook & Kolodner，2000）提到，可以将基于设计的学习单元中小组工作的特点作为“钩”，这“钩”能让那些认为自己不能成为科学家或者认为科学没有价值的学生投入到学习中去。协作允许学生与同伴间的交互，在彼此具有优势的方面作出贡献，小组工作可以作为钩子维持学生的兴趣；观察显示，协作过后，学生开始将科学看作是对日常体验的解释。

在调查、使用技术或创作作品过程中，小组的交互为学生提供了协作的机会。学习者共同体的形成也能建构协作。学习共同体的目标是为了发展“跨学科的态度”（Palincsar，1998），或者形成共同理解。成为共同体的成员能够激发学生参加任务的动机，内化共同体的价值，学习并分享任务规范与实践（Hickey，1997）。例如，在知识论坛（Scardamalia & Bereiter，本书）的激励下产生了共同体知识的建构与协作，大家围绕一个共同的任务进行工作，在多媒体共同体知识空间中张贴信息，发表评论，以此共享知识。

学生在课外与其他学生、专家等人进行协作，可以加强学习动机。当学生通

483

过网络与教室外的其他学生交流时，他们会感到兴奋。另外，与同伴或共同体成员分享作品可以增强学生之间的联系，提高学生的价值感。最后，学生与支持自身努力、提供反馈的坚持严格科学规范的数学家和科学家进行在线协作，以此加强自身对情境真实性和认知投入的认识（O'Neill，2001）。

除了上述与探究相关的复杂性与困难之外，协作还面临着其他挑战，这些挑战可能为激发学生的动机带来困难：第一，小组构成的特征，如能力水平、性别、文化背景，都可能影响小组的生产力（Webb，1991）。例如，女生经常在小组中扮演主动的角色，因为她们比男生更希望小组成功，她们可能主要参与协作过程及人际问题的处理，而不仅仅是活动内容。第二，那些来自非主流价值文化背景的学生会感到协作有困难。第三，如果学生的英语不流利，可能会觉得课堂讨论中的评论是一种挑战（Lee，2003）。第四，学生背景与成就水平的地位差异，可能导致学术上较弱势的学生在表述方面与他人不同，或者出现社交技巧较差的现象（Cohen，1994）。例如，高成就的学生可能会感到与知识较少的同学一起工作会减慢自身的进步。最后，不同的学生对协作有不同的看法，有些学生喜欢独自学习，有些学生喜欢出风头多于与他人协作。

在协作过程中，组员对“社会惰性”（social loafing）的态度差异也会导致问题的产生。小组作业的确可以增加组员的兴趣，但由于协作鼓励与他人相互依赖，某种程度上会减少组员的思考。同样，当某些学生偏离任务进行社会交谈时，其他学生的认知投入可能会受损，尤其是当任务结构不能保证每个学生对小组的进步负责、评价只是针对小组而非个人时，这种情况会更为糟糕（Slavin，1996）。

维持小组工作期间的兴趣与参与度所面临的另一个巨大挑战是，学生可能不具备有效协作所需的技能。协作要求学生知道如何投入到有成效的讨论之中，知道如何坚持参与协作。事实上，学生可能并不具备解释其观点或评价他人观点的技能（Webb & Palincsar，1996）。如果学生无法完成任务或不能按要求进行理解时，这些问题就可能会打击学生的效能感。

在小组协作中，以下策略可以鼓励学生的认知投入和责任分配。第一，采用能够改善学生协作技巧的程序，使学生学会倾听其他小组成员的观点、分享观点并提供解释（参见，Cohen，1994；Webb，1991）。小组成员的角色分配和用以改善问题和讨论质量的激励措施能够建构成员之间的交互（King，1997；Cohen，1994）。这种程序是采用补偿教学和循环激励的方式来促进学生的参与和策略的使用（Palincscar & Brown，1984）。金（King，1997）在他的著作中利用某些问题和提示来促进学生的解释。另一个策略就是调整小组的参与结构，其目的是为了加强每个学生对小组的积极贡献。例如，拼图（Jigsaw）能让每个学生成为组内其他成员需要的信息专家，使小组成员相互依赖（Brown & Campione，1994）。

484

为了加强学生的责任感，小组研究者有时会采用竞赛的方式来促进学生的努

力、参与和凝聚（Salvin，1996）。与此相反，一些动机理论家质疑小组间竞争方式的增加，他们认为，小组奖励会使学生过多地关注胜利，而不是学习与理解的内在价值（Ryan & Deci，2000；Kempler & Linnenbrink，2004）。要注意的是，在复杂且结构不良的任务中（这也是建构主义学习环境下许多活动的特点），"竞争策略"的作用较小（Cohen，1994）。

技术

技术可以作为一个"钩"来吸引学生的参与，从而激发动机。技术可能帮助学生维持兴趣，促进其认知投入。如果学生可以便利地使用资源、实时信息、同伴的信息以及关于有争议的问题和未解决问题的数据（例如全球气候变暖；Edelson et al.，1999），那么学生的兴趣就会提高。另外，多种技术的使用也能提高学生的兴趣，他们可以用多种方法去建构和展示知识（例如使用可视化技术和多媒体），同时，由于学生有更多的机会去选择学习的任务、探索任务的方式、呈现自身理解的途径，他们的自主感和认知投入会大大增加。

一些软件，例如认知导师，可以诊断学生的困难并对其进步提供即时的反馈，因此能够提高学生的效能感（Koedinger & Corbett，本书）。当技术能够使学生以自己的速度取得进步时，学生的能力会得到加强。校外对技术的熟练使用给予价值的肯定，这一点能激励学生成为有能力的使用者。技术的使用能力可以提高学生对不熟悉的主题的投入（Mistler-Jackson & Songer，2000）。读写能力较差的年轻人和第二语言学习者同样可能会因此而受益。

如果软件能够承担更多程序性的东西（如制作图表、计算、获取信息）（Reiser，2004）的话，学生就可以投入更多的认知努力以达到深层理解。因为学生不必过多地担心程序性的事务，他们能够投入到学习内容中，这样就可以提高他们的学习兴趣。为学生设计的软件常使用简化任务、分解任务、帮助学生组织、提供提示等策略来为学生的思考提供脚手架，进而提高学生的效能感。此外，软件还可以通过将修改操作简易化，以此鼓励学生对作品的修改和完善。

然而，技术也可能令学生的学习更复杂、更困难。因为学生既要学习技术，又要学习如何使用技术来促进学习。技术为学校带来的难题是：学校必须为学生提供便利的、稳定的技术支持。如果学生在需要的时候不能便利地使用机器，或者遇到机器故障，他们会感到灰心。另外，学生需要时间来学习如何使用机器；如果学生没有很好的计算机基础，他们就需要学习如何打字、创建文件、保存文件和整合文件，他们在学习新软件和技术时就要付出很大的代价，这会降低学生对技术以及学习主题的兴趣。第三，在熟练操作软件上花的时间可能会浪费学生的认知投入、降低学生的成就感。另外，各个软件都具有自身的特点，许多软件只适用于特定的课程。最后，如果所学技术不能应用在其他单元上，学生就感觉

485

不到熟练掌握技术的好处，对技术价值的认可度就会降低。

学生原有的知识会影响技术对学生认知投入的促进。如果学生以前没有遇到过复杂的任务诸如要求多重步骤、从不同地方获得信息、综合观点等问题的话，那么技术脚手架在这些活动中就很难达到预期的作用。学生需要多次浏览整个探究活动过程，才能熟悉任务的每个方面，才可以知道技术在其中起到的作用。很多学生在计划和解释答案时会忽略用于提示的案例的作用，有时，他们甚至使脚手架失效，以此来逃避后续的步骤。如果学生没有机会从技术中获得帮助，那么学生的学习参与和认知投入都会降低。

结论

1991 年，密歇根大学教师发表了一篇关于促进基于项目学习的论文（Blumenfeld et al.，1991）。文章指出，学习环境面临的两个挑战是如何支持学习以及如何维持活动。我们认为，新的学习环境的许多特征都具有激发学习动机的潜力，然而，如果任务复杂、困难且不明确，如果任务要求使用策略与元认知技巧，除非克服这些挑战，否则这个潜力可能不会很容易实现。

14 年之后，我们仍然致力于解决这些相同的问题。学习科学成熟了，设计研究带来了设计原则，提出要在教学任务中建立脚手架技术以及专业发展计划。我们发现，基于学习科学的环境能够产生情境兴趣并吸引学生的参与，但是，几乎没有资料涉及如何保持学生的兴趣并将其转化为认知投入，让学生在面对困难复杂的学习任务时也乐意在学习中继续探索，并且运用自身思维的力量去理解学习内容。大多数研究关注的是学习问题而非学习动机。我们认为，把动机研究清楚对这个领域是大有裨益的。在这一章，我们简要介绍了在此领域中对动机激发和认知投入的已有研究成果以及我们所面临的挑战。

一个有效的学习活动包括积极地在每个学习单元的每个部分强调其动机方面：师生讨论学习内容的价值，利用许多机会指出所学知识和实际应用的联系；教师始终将材料与更大的疑难、问题、设计联系起来；阐释小组协作和构建共同体知识的积极方面，允许学生在主题选择、探究设计与创作作品方面进行选择与决策。教师可以通过以下方法来提高学生的能力：指出学生在概念理解和能力发展中获得的进步；帮助学生把错误视作学习进步过程中的必然部分。这些工具性搭建脚手架可以通过鼓励学生理解学习任务的价值和意义来支持和持续学生的学习动机（Brophy，1999；Turner et al.，2002）。

教师面临的另一个挑战是：在学习活动中如何预见学习者的困难。有特色地开展活动并克服学习中的问题，对学生来说是困难的。这需要教师花费时间，运用自身经验以熟练地维持学生动机、支持学习、促进认知投入。因为教师自身在开展基于学习科学的项目时也会遇到难题，这就使问题更加复杂了。挑战之一是

教师要同时管理多种活动，以最有效地运用时间，始终如一地监控学生在活动中的进步，这要持续很长的时间。另一个挑战是如何创造积极的气氛，使学生彼此尊重，构建学习者共同体。教师针对个体差异进行相应指导。此外，教师正在开发教育内容、教育技能去实施调查、促进协作，将技术运用于学习，帮助学生学会批评和修订工作。教师必须理解学习活动所基于的学习科学原则，在这些原则不变的前提下，根据情况和学生的需要来修改教学设计。最后，面对激发学生学习动机和提高学生认知投入所带来的教学挑战时，教师也必须积极地提高自己的知识和活动技能。

教师必须向学生提供大量的脚手架和学习支持（Mergendoller et al.，待出版），这样，学生就不会在完成困难复杂的活动、学习内容和技能时感到灰心。否则，学生可能会困惑，会灰心，会觉得自己能力不够，最后只付出较少的认知投入。第一个关键问题是教会学生学习策略和元认知策略，这些是认知投入的必要因素。第二是划分任务，这样学生就可以分开几部分来解决复杂问题。第三，当学生必要的处理技能、组织技能和元认知技能得到发展时，教师要逐渐把学习的责任转移到学生身上。教师面临的最后一个挑战是，必须找到方法让学生明白他们所做的事、理解他们的任务，同时又要支持学生的活动。如果不能强调理解的作用，学生就感觉不到投入学习和深层理解的需要，学生的认知投入就会受到负面的影响。

参考文献

Barron, B. J. S., Schwartz, D. L., Vye, N. J., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L., Bransford, J. D., & The Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1998). Doing with understanding: Lessons from research on problem and project-based learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 7 (3 & 4), 271 – 311.

Battistich, V., Solomon, D., Watson, M., & Schaps, E. (1997). Caring school communities. *Educational Psychologist*, 32 (3), 137 – 151.

Blumenfeld, P. C., & Meece, J. L. (1988). Task factors, teacher behavior, and students' involvement and use of learning strategies in science. *Elementary School Journal*, 88 (3), 235 – 250.

Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26 (3 & 4), 369 – 398.

Brophy, J. (1999). Toward a model of the value aspects of motivation in education: Developing appreciation for particular learning domains and activities. *Educational Psychologist*, 34 (2), 75 – 85.

Brown, A. L., & Campione, J. C. (1994). Guided discovery in a community of learners. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp.

229 - 270). Cambridge, MA: MIT Press.

Cohen, E. G. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64 (1), 1 - 35.

Davis, H. A. (2003). Conceptualizing the role and influence of student-teacher relationships in children's social and cognitive development. *Educational Psychologist*, 38 (4), 207 - 234.

487 Doyle, W. (1983). Academic work. *Review of Educational Research*, 53 (2), 159 - 199.

Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *The Journal of the Learning Sciences*, 8 (3 & 4), 391 - 450.

Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74 (1), 59 - 109.

Hickey, D. T. (1997). Motivation and contemporary socio-constructivist instructional perspectives. *Educational Psychologist*, 32 (3), 175 - 193.

Hickey, D. T., Moore, A. L., & Pellegrino, J. W. (2001). The motivational and academic consequences of elementary mathematics environments: Do constructivist innovations and reforms make a difference? *American Educational Research Journal*, 38 (3), 611 - 652.

Hidi, S., & Harackiewicz, J. M. (2000). Motivating the academically unmotivated: A critical issue for the 21st century. *Review of Educational Research*, 70, 151 - 179.

Holbrook, J., & Kolodner, J. L. (2000). Scaffolding the development of an inquiry-based (science) classroom. In B. Fishman & S. O'Connor-Divelbiss (Eds.), *Proceedings of the fourth international conference of the learning sciences* (pp. 221 - 227). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Kempler, T. M., & Linnenbrink, E. A. (2004, April). *Re-examining the influence of competition structures in group contexts: Implications for social and cognitive interactions in small groups.* Paper presented at the Annual Convention of the American Educational Research Association, San Diego.

King, A. (1997). ASK to THINK-TEL WHY: A model of transactive peer tutoring for scaffolding higher level complex learning. *Educational Psychologist*, 32 (4), 221 - 235.

Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *The Journal of the Learning Sciences*, 7 (3 & 4), 313 - 350.

Lee, O. (2003). Equity for linguistically and culturally diverse students in science education: A research agenda. *Teachers College Record*, 105 (3), 465 - 489.

Martin, D. B. (2000). *Mathematics success and failure among African-American youth.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Mergendoller, J. R., Markham, T., Ravitz, J., & Larmer, J. (in press). Pervasive, anagement of project based learning: Teachers as guides and facilitators. In C. M. Evertson & C. S. Weinstein (Eds.), *Handbook of classroom management: Research, practice, and contemporary issues.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Meyer, D. K., Turner, J. C., & Spencer, C. A. (1997). Challenge in a mathematics classroom:

Students' motivation and strategies in project-based learning. *Elementary School Journal*, 97 (5), 501 - 521.

Mistier-Jackson, M., & Songer, N. B. (2000). Student motivation and Internet technology: Are students empowered to learn science? *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (5), 459 - 479.

Mitchell, M. (1993). Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. *Journal of Educational Psychology*, 85, 424 - 436.

Moje, E. B., Ciechanowski, K. M., Kramer, K., Ellis, L., Carrillo, R., & Collazo, T. (2004). Working toward third space in content area literacy: An examination of everyday funds of knowledge and discourse. *Reading Research Quarterly*, 39 (1), 38 - 70.

Moll, L. C., Amanti, C., Neff, D., & Gonzalez, N. (1992). Funds of knowledge for teaching: Using a qualitative approach to connect homes and classrooms. *Theory into Practice*, 31, 132 - 141.

Newmann, F. M., Marks, H. M., & Gamoran, A. (1996). Authentic pedagogy and student performance. *American Journal of Education*, 104, 280 - 312.

O'Neill, D. K. (2001). Knowing when you've brought them in: Scientific genre knowledge and communities of practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 10 (3), 223 - 264.

Palincsar, A. S. (1998). Social constructivist perspectives on teaching and learning. *Annual Review of Psychology*, 49, 345 - 375.

Palincsar, A. S., & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1 (2), 117 - 175.

Patrick, H., & Middleton, M. J. (2002). Turning the kaleidoscope: What we see when self-regulated learning is viewed with a qualitative lens. *Educational Psychologist*, 37 (1), 27 - 39.

488

Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63 (2), 167 - 199.

Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 273 - 304.

Reiser, B. J., Tabak, I., Sandoval, W. A., Smith, B. K., Steinmuller, F., & Leone, A. J. (2001). BGuILE: Strategic and conceptual scaffolds for scientific inquiry in biology classrooms. In S. M. Carver & D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (pp. 263 - 305). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Renninger, K. A. (2000). Individual interest and its implications for understanding intrinsic motivation. In C. Sansone & J. M. Harackiewicz (Eds.), *Intrinsic and extrinsic motivation: The search for optimal motivation and performance* (pp. 373 - 404). New York: Academic Press.

Roth, W. M., & Roychoudhury, A. (1993). The development of science process skills in authentic contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 127 - 152.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25 (1), 54 - 67.

Ryan, R. M., & Grolnick, W. S. (1986). Origins and pawns in the classroom: Self-report and projective assessments of individual differences in children's perceptions. *Journal of Personality and*

Social Psychology, 50 (3), 550 – 558.

Scardamalia, M., Bereiter, C., & Lamon, M. (1994). CSILE: Trying to bring students into world 3. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 201 – 228). Cambridge, MA: MIT Press.

Schraw, G., & Lehman, S. (2001). Situational interest: A review of the literature and directions for future research. *Educational Psychology Review*, 13, 23 – 52.

Schunk, D. H., & Pajares, F. (2002). The development of academic self-efficacy. In A. Wigfield & J. S. Eccles (Eds.), *Development of achievement motivation* (pp. 15 – 31). San Diego: Academic Press.

Slavin, R. E. (1996). Research for the future: Research on cooperative learning and achievement: What we know, what we need to know. *Contemporary Educational Psychology*, 21, 43 – 69.

Turner, J. C., Midgley, C., Meyer, D. K., Gheen, M., Anderman, E. M., Kang, Y., & Patrick, H. (2002). The classroom environment and students' reports of avoidance strategies in mathematics: A multimethod study. *Journal of Educational Psychology*, 94 (1), 88 – 106.

Webb, N. M. (1991). Task-related verbal interaction and mathematics learning in small groups. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22, 366 – 389.

Webb, N. M., & Palincsar, A. S. (1996). Group processes in the classroom. In D. Berliner & R. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 841 – 873). New York: Macmillan.

Wentzel, K. R. (1997). Student motivation in middle school: The role of perceived pedagogical caring. *Journal of Educational Psychology*, 89 (3), 411 – 419.

Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancy-value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 68 – 81.

Yackel, E., Cobb, P., & Wood, T. (1991). Small-group interactions as a source of learning opportunities in second-grade mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22, 390 – 408.

第29章

学习作为文化过程

——通过多样性实现平等

489

纳伊拉·苏亚德·纳西尔，安·S. 罗丝伯里，
贝思·沃伦，卡罗·D. 李

在本章中我们认为，学与教基本上是文化过程（Cole，1996；Ericskon，2002；Lee，Spencer，& Harpalani，2003；Rogoff，2003）。学习科学还没有充分地走向文化与学习整合的道路。“文化”是指共同体为了追求他们认为有价值的东西，经过历史的发展和不断变化而最终形成的实践综合。这些实践由工具、社会网络、活动方式以及会话构成（例如，形成概念、表征、评价、投入世界的具体方法）。基于这一观点，学习与发展被看成是生命历程中获得的多种技能，这些技能的获得是交叠、互补甚至是冲突的文化实践。

通过参与不同的实践共同体，个体可能渐渐地浸润于各种文化实践。正如青少年体验各种日常生活情境——从家里到学校，从数学课到英语课，从篮球队到工作场所或教会青年团体，他们在不同的情境技能实践中邂逅、参与、协商。每种技能代表一种特定的世界观，有它自己的目标、意义、目的、象征与价值（Bakhtin，1981；Gee，1990）。对每一个人，无论何时、何地运用这些技能，都可能遇到困难。然而，对于来自非主流群体的青少年（nondominant groups）（例如，来自有色民族的学生、母语为非标准英语的学生、来自低收入家庭的学生等），由于民族、种族、阶级、性别、语言导致的不可避免的非对称的权力关系（power relationships），上述情况会更为严重。因此这些青少年必须学会掌握多种发展任务：除了普通生活过程中的发展，还必须克服制度中关于种族、贫穷、语言、性别、残疾等的不足（Burton，Allison，& Obeidallah，1995；Spencer，1987，1999）。因为对于某群体的青少年而言，这些制度的不足会导致生活过程中机会的不均等。 490

历史上，文化研究经常将非主流群体学生与共同体看作“另类”，并且为他们的发展假想了一条基于美国中产阶级模式的单一道路。到了上个世纪，当一系列整合良好、泾渭分明的传统用来区分不同的群体时，文化通常被看作是静态的

术语（Gonzalez，2004；Moll，2000）。罗格夫和安杰利洛（Rogoff and Angelillo，2002）将这种文化含义作为“框定问题”（box problem），它总是导致类似“非洲人是这样的，盎格鲁人是那样的”的陈述，似乎文化是固定的，体现这些群体的成员集体承载的整体特性（“精髓”）（Gutiérrez & Rogoff，2003）。这种强调“精髓”的倾向使得主流群体与非主流群体实践的异质性变得模糊不清。

虽然我们反对将文化如此刻板化，但是我们承认个人和先辈间有着深刻的历史渊源（Boykin & Bailey，2000；Lee，2003b）。埃里克森（Erickson，2002）使用墨西哥-美国文化中的“皮纳塔”（piñata）时指出，并不是所有的美籍墨西哥人家庭在生日晚会上都有皮纳塔，皮纳塔是美籍墨西哥文化中的一种共同的、具有时空连续的实践。我们认为文化涉及共同体的不同发展道路和它们之间的历史连续性，但这种连续是灵活的。让“文化本质”变得如此危险不是我们对已理解的连续性的关注，而是这种暗含的假想：认为那些偏离美国中产阶级模式的群体存在着缺陷。

在本章，我们对学习的文化本质进行了实证研究，主要包括：（a）学校内外环境中的学习；（b）日常知识和话语、学术知识和话语之间的关系，特别是对非主流群体青年而言；（c）探索青少年的不同技能实践和学科训练之间联系的基于课堂的设计研究。这些研究强调多维学习，包括认知、会话、情感、动机、个性。我们认为学习的文化观点包括**适应性专长**（adaptive expertise）（Bransford et al.，本书；Hatano & Inagaki，1986；Spiro et al.，1991），也就是能促进跨越各种背景和任务与灵活的知识和配置的发展。适应性专长对来自非主流群体的青年非常重要，因为他们通常要面对并解决一些极端的社会挑战。

学习文化观点挑战了倾向于统治教育思维与实践标准化的观点，我们并不推崇以那些被严格限制的实践作为教育的基础，相反，我们以下面三个重要并相关的问题来拓展我们的研究视野：

- 人们在日常生活中例行参加各种技能实践，这类学习有何特点？
- 这些多样的技能实践以哪些具体方式与学科实践联系起来？
- 这些技能实践如何为所有学生创造有意义的学术学习机会？这种扩展性的探究性学习需要什么设计原则？

在这一章，我们将探讨这些问题对学习文化观形成的重要意义。我们针对每个问题用科学、文学、数学的教学活动的研究文献进行实例论证。

问题1：人们在日常生活中例行参加各种技能实践，这类学习有何特点？

密切关注学生进行高效学习的学习环境的性质与组织是学习科学中探讨公平问题的一种方式。在本部分，我们回顾了有关非主流群体的校外儿童学习的研

究，解释这样的学习会是什么样的以及如何发生。考虑如下有关对多米诺骨牌游戏中的学习进行研究的一篇短文（Nasir & Stone，2003，17 页）。

> 四个 10 岁的非裔美国男孩在玩多米诺骨牌游戏。他们的游戏规则是，参加者在十字形牌阵的四端放置骨牌，当四端的骨牌加起来是 5 的倍数时，就得分。组中的新手玩家推了一下牌，接着用手指数自己是否得分，但是并不知道自己是否得分。一个专家玩家看到他不清楚，就说："你没有得分！"接着，在这一局的最后，专家玩家创造机会让新手可以得分。

在上述文字中，专家玩家对于新手玩家来说，是支持意义建构的重要资源，因为专家玩家提供了直接反馈，而且也示范了游戏的高级玩法。通过这样的交互，骨牌玩家不但学到更多游戏技能，还学到了关于倍数和一系列数相加的概念。

正如这个短文所阐述的，学习在学校外的更广阔活动范围内发生，包括铺地毯（Masingila，1994）、工厂工作日志（Scribner，1985）、测量（Rose，2004）、理发（Majors，2003）、卖糖果（Saxe，1991）、篮球（Nasir，2000）、园艺（Civil，2005）以及日常语言应用（Ball，1992，1995；Heath，1983；Lee，1993）。有些研究已经指出了非正式环境中学习语言与技能的境脉特有性（context-specificity）（Cole et al.，1971；Lave，1988）。人们经常能够成功从事校外的认知任务，但是在学校所获得的技能可能不会呈现出来。这些发现指出了在校外环境中理解学习性质的重要性，以及如何基于这种学习去支持学校学习。

在讨论我们选出的成功的课外学习环境时，我们认为，搭建脚手架能对发展学生适应性专长起到关键的作用。搭建脚手架包括：（1）以能保证基本的人类需要（安全感和归属感）的方式来组织学生参与活动；（2）使学习领域的结构可视化，组织学生参加活动，让他们形成类似专家实践中必需的观点和习惯；（3）帮助新手理解发展能力的空间，以及学习领域与学习者的关联；（4）提供及时、适当的反馈。

反映基本需要的参与

校外学习脚手架的一个关键部分是以一定方式组织参与，实现人类安全感、归属感与认同感、自尊与尊重的基本需要（Maslow，1962）。安全感的需要（生理的与心理的）对于创建学习环境是关键的。虽然学习需要身体安全感是显而易见的，但是心理安全感的需要却没有得到认同。心理安全感可以定义为：舒适感、冒险和显示自我的意愿、认同感。斯蒂尔的著作显示了缺乏心理安全感会对学习产生巨大的负面影响（Steele，1997）。他的研究证实：当学习气氛不能保

证心理安全感时（例如，使非裔美国学生认为他们在测试中的诊断成绩，会引起他们对种族偏见的恐惧），学生的成绩会出现糟糕的结果。在其他学习情境中，包括基于共同体的青少年学习项目（Heath & McLaughlin，1993；Rosenfeld，2005），成人组织者认识到了为活动创建安全空间的重要性。

492

成功的学习境脉也应注意到学生需要归属感与认同感（Hirsch，2005）。它们既可能发生在活动组织中，也可能发生在上述境脉下的社会交互中。例如，在一项关于高校田径活动的研究中（Nasir，Cooks，& Coffey，2005），一些教练明显地关注到学生的归属感，他们认为对团队的归属感很重要。运动员认为归属感和认同感是他们坚持不懈地训练、比赛（即使在困难的比赛中）的原因。

使领域结构可视化

有效的校外学习情境同样会使深层的结构化领域知识可视化。例如，在骨牌游戏（Nasir，2002）中，专家以发展的方式让新手学会如何思考游戏策略（包括乘法和概率）。也就是说，当新手变得比较熟练时，他们通过反馈让新手对游戏的理解又上了一个台阶。语言交流对这种脚手架是关键的，因为通过语言，新手才可以理解专业领域的结构。

语言交流同样在调查者俱乐部（Investigators Club，I-Club）中起重要作用，调查者俱乐部是一个课余科学课程，为那些没有在学校中体验到学科成就的中学生而设（Sohmer & Michaels，2005）。I-Club 在现实情境和科学概念之间建立动态隐喻（dynamic metaphors），以此作为脚手架将作为探究者的学生引向科学论题。参与者也谈论“对话”，即科学的对话和日常的对话有何不同。这样，I-Club实践使参与者可以看到特定的科学会话如何进行。

一些研究已经论述了植根于校外环境中的大量读写实践，包括教堂（Baquedano-Lopez，1997）、蓝领工人工作环境（Rose，2004）、运动（Mahire，1998）以及艺术（Ball，1995）。费希尔（Fisher，2003）论述了大量非传统的基于社区的组织如何创建代际空间。在代际空间中，非裔美国人与拉丁美洲的青年聚集起来，创作书面与口头诗歌，即“说词”（也见 Morgan，2002）。在说词共同体中，正如骨牌共同体，为了更好地写作或游戏，公开的讨论和评论是日常惯例。

能力轨迹

通过更多的专家实践为初学者提供清晰的观点，是脚手架的另一种形式。这允许新手看到专家如何参与，并为他们提供可能的学习轨迹。这种形式的脚手架可以通过多种实践形式观察到。这个研究记录了初学者作为学徒如何与专家联合

完成任务。罗格夫（Rogoff，2003）将这种学习称为“有目的参与”，强调参与者通过观察实践的过程来学习。在课后环境中，如 I-Club 和波士顿科学博物馆计算机俱乐部，青少年有机会一起亲密工作，从成年的良师益友中获得支持和鼓励，使用先进的软件创作他们自己的作品，如动画、仿真作品、多媒体展品、虚拟作品、音乐作品、网站和机器人建造（Resnick & Rusk，1996）。

及时、灵活的反馈

493

校外的实践中有许多种及时、灵活的反馈，经常涉及评价与现场纠正。在巴西儿童的卖糖果活动中，当销售者给糖果定价或者当他们清算利润时，就会产生评价与纠正。萨克斯（Saxe，1991）描述了销售人员在活动过程中纠正其他人的定价惯例。在骨牌游戏中（Nasir，2000；2005），纠正不仅发生在游戏过程中（通常由更多有能力的参与者建议并纠正不太精通的参与者），而且发生在游戏之后的分析中。在游戏之后的分析中，游戏者讨论了参加者在前一轮游戏中的优势与弱势。这种游戏之后的分析属于评估，是正规游戏结构的一部分。在这方面，教练与运动员之间有着同样的过程（Nasir et al.，2005）。在每一项比赛之后，教练与运动员一起分析每一步，评价成绩、技术，设定下一次比赛的目标。上述过程强调评价。纠正是练习过程中的形成性与常规性部分，而不是对一个人的能力与价值的评估。

必须注意的是：这四个特点通常是相互协调的，这种协调对于学习的作用很大。这种协调在“第五维度”校外俱乐部中表现得很明显（Nicolopoulou & Cole，1993）。在这个俱乐部中，青少年很方便获得支持他们发展游戏技能的资源，包括大学生年龄的导师、同伴、信息卡、当下著名的虚拟名家（青少年和大人都可以向其寻求帮助）。此外，古铁雷斯等（Gutierrez et al.，1999）为游戏的参与结构制订框架，并提供多种形式和层次的支持，方便学生坚持参与和确定个人目标。虽然我们关注的是校外情境，但我们强调的脚手架方式同样适用于校内学习情境。

问题 2：这些多样的实践技能以哪些具体方式与学科实践联系起来？

在这一部分，我们调查那些将重要的学科知识与日常实践相联系的研究。这项工作扩充了我们对日常实践和训练实践的了解，并且让我们从根本上重新思考什么是训练实践。我们认为教育者可以使用青少年在校外生活获得的丰富多样的资源来帮助他们理解与学习内容相关的观点。

与科学课的交叉

下面的短文（以下文献中有更详尽的记载：Ballenger，2003）阐明了在小学科学中不同学生的意义建构实践的差异。

> 当三年级的儿童在西班牙语—英语双语课程中讨论“植物每天生长吗?”这个问题时，他们就生长的模式及其可见性展开了辩论。塞雷娜，一个父母受过高等教育的女生，并被公认为是一个很优秀的学生，她通过逻辑测量从外部现象的角度来理解植物的生长问题。她提出通过植物每天生长图表的测量证据能够看见植物生长。另一个女生，埃琳娜，提出了不同的见解。她是移民的孩子，父母是工人阶级，并且在复读三年级。她认为我们可以通过联想自己的生长来观察植物的生长——当她的脚长得比袜子大时，有很“挤”的感觉。

这个短文证实了两个重要的科学实践，一个被普遍认同，另一个则没有。塞雷娜的方法在课堂上受到重视，她的方法与一般的科学推理一致。这无疑是重要的，这一方法在科学领域意义建构的实践中广泛应用。相反，埃琳娜的方法被低估了，有时甚至被教师和研究者认为很混乱而抛弃了，这会对她的学习和作为一个思考者的自我感知有深远的影响。事实上，埃琳娜通过自己的成长来想象植物的生长，这反映了科学实践。科学家为了探索物理事件和过程如何发生，通常使用可视的、记述性的资源来将自己置于物理事件和过程中（Keller，1983；Ochs，Jacoby，& Gonzales，1996；Wolpert & Richards，1997）。

494 科学实践的研究认为科学行动的异质性是概念的、想象的、物质的、推论的、象征的、情感的和经验的资源的复杂交织（Biagioli，1999；GAlison，1997)。通常认为科学家的日常工作本质上就是假设与演绎，他们的生活是与现实生活的日常经验相割裂的，他们同样有着与日常生活迥异的思维方式，而上述论断极大地挑战了这一观点。与其他理解（例如埃琳娜的理解）相比，诸如此类的主流理解（例如塞雷娜的理解）以更优先的表达方式形成了传统的科学教育。

基于课堂的研究已经证实了科学家的意义建构实践和那些来自非主流群体的年轻人的实践之间存在共通之处。这些研究拓展了科学思维与科学活动的视野：为形成理论和知识建构，在其他事物之间使用具体的想象（上面提到过）、辩论和隐喻。让我们来看看一个辩论的例子。

在**实验室生活**中，拉图尔和伍尔格（Latour & Woolgar，1986）认为科学家通过争论与说服将他们的观察结论转换为发现，而不是通过测量与发现。他们将

实验室科学家的工作描述为持续地为产生和接受像事实的观点而努力。与之相似，双语课堂中的研究者发现：海地少年使用海地常见的话语实践——**“贝约迪恩斯”**（bay odyans）来争论生物和物理的观点和数据（Hudicourt-Barnes，2003）。贝约迪恩斯采用几种形式，其中一种就是辩论。在日常生活中，贝约迪恩斯集中在宗教、足球场、政治中。贝约迪恩斯非常活跃，在旁观者看来更像吵架。对于参与者，它只不过是一个表演：一个发言者提出一个观点，立刻受到他人的挑战。参与者列举例证、逻辑推理，以此来表达、捍卫自己的观点，并驳斥有分歧的观点，但结果往往是彼此让步，这与林奇（Lynch，1985）关于专业科学活动的研究中论述的处理分歧的过程相似。贝约迪恩斯已经被证明可以通过帮助学生具体化关键术语的意义、探索潜在的解释模型以及制定科学的问责制，支持学生的科学学习（Ballenger，1997；Warren & Rosebery，1996）。其他研究已经证明了非主流群体的年轻人如何运用叙述实践与隐喻表达科学中的争论与解释（Gee & Clinton，2000；Warren，Ogonowski，& Pothier，2005）。虽然这些话语看起来、听起来都和学校所注重的不一样，但是它们一样在科学共同体中经常使用。

与读写能力的交叉

495

历史观点认为，所谓非主流方言者的语言［例如使用非裔美国人英语（AAE）或者阿巴拉契亚英语的人］及英语学习者的母语本来就不适合用于学术形式（academic forms）的学习。然而，许多研究指出非主流方言在其与学术性的相关性方面是很复杂的。例如，吉（Gee，1989）论述了迈克尔（Micheal，1981）所称的 AAE 主题联想叙述方式有着复杂的读写特征。鲍尔（Ball，1995）阐明了非裔美国少年更喜欢的解释方法，这反映了非裔美国人著名的演讲家中使用的有力的带修辞的模式，而不是高中所教的传统方法。李（Lee et al.，1999）在非裔美国小孩之间用叙述性的日常习俗来搭建脚手架，产生了高质量的书面记叙文。这些日常习俗包括史密瑟曼（Smitherman，2000）所称的非裔美国人的修辞传统和其文化生活中的事件脚本。史密瑟曼对 1984 年到 1988/1989 年全国教育进展评估中非裔美国人的写作样本进行了事后分析。她发现高质量的文章与非裔美国人修辞特征高度相关。

另一些研究表明了双语者如何将第一语言的读、写和说的能力用于第二语言的词汇、句法、语篇中（Garcia，2000；Jimenez & Pearson，1996）。第一语言中的读写能力可以为第二语言的读和写提供脚手架，尤其在读写内容的习得、科学中技术特征（Warren et al.，2001）和数学推理等方面（Moschkovich，1999）。其他研究者（Orellana et al.，2003；Valdes，2002）研究得出：在重要场合中为父母翻译的双语青少年（bilingual youth）具有多种语言能力，包括选择适合场

合的用语、理解复杂的专业语句、处理复杂的权力关系等。

与数学的交叉

数学方面的研究表明非主流学生如何通过多种实践技能产生精湛的数学思维。例如纳西尔（Nasir，2000）表明了非裔美国学生如何在高中篮球中学会使用平均数和百分比来计算自己和其他队伍的比赛统计资料。其他研究论述了拉丁美洲学生如何将空间原理与几何设计知识应用到家庭缝纫与园艺中（Civil，2005；Moll & Gonzalez，2004），以及有青少年的家庭如何在预算实践中运用上述知识，并且使用标准化运算计算棒球的击球率（Goldman，2001）。关于幼儿的研究描述了巴西裔与非裔美国学生参与的买（Taylor，2004）卖（Saxe，1991）活动。

这些研究是引人关注的，因为参与者很少将自己所做的看作数学，还经常认为自己不善于数学。这让教师和研究者面对着一个难题：研究者、教师和参与者如何找出他们正在做的事中所隐含的数学原理？一方面，如果我们把数学视为算术，那么学会数学是容易的。但是，这会使问题更复杂，因为我们会面对更复杂的数学问题，例如几何和概率的思考。而且，就算数学只涉及简单计算，在校外实践中这类问题通常是用估算来解决的。虽然估算并不会得到学校所重视的精确答案，但估算能引起对数学关系更深的理解。

我们的观点是，为了找出非主流群体中青少年的日常生活知识和实践与学科知识和实践的真实联系，我们必须超越学校课程所确定的典型，并确定一系列重要的实践。通过确定和使用这些实践，如想象、贝约迪恩斯或非裔美国人的非结构语言形式，我们不仅要创建空间让学生参加学科训练实践，还要让我们自己更好地理解上述实践在学习中起到的作用（Lee，1993，1995；Rosebery et al.，2005；Warren et al.，2001）。

问题3：这些技能实践如何为所有学生创造有意义的学术学习机会？这种扩展性的探究学习需要什么设计原则？

496

要学会辨析异质（通常是不熟悉的）的意义建构实践与学科领域在智力上的关联，需要做到以下两点：拓展关于这些领域的惯有看法；深入理解非主流群体的青少年在带到课堂中的各种推论和推理实践中显示的智力。为了做到这些，教师和研究者必须持续工作，理解青少年的各种观点、说话方式和感受（Lee，2001；Ballenger & Rosebery，2003；Warren et al.，2001），对照学术、教学、语言、文化和种族等差异，对学生的知识、观点和价值作针对性地假设（Ball，2000；Ballenger，1999；Foster，1997；Ladson-Billings，2001；Lee，2005；Rose-

bery & Warren，待出版）。

为了掌握青少年日常实践中的智力资源，我们需要以如下方式来对学校实践进行重组：弄清日常知识和话语与基于学校的知识和话语之间的联系。这项设计需要如下原则：

1. 使领域结构可视化；

2. 使青少年通过可创造角色与关系的参与结构来有意义地、有目的地积极投入到大量学术交流中；

3. 建构元水平分析的机会（例如，讨论思维与语言），帮助青少年看到日常隐性知识和话语以及学术知识与话语之间的联系。

这样的设计工作也要求研究者、课程设计者和教师认识到学术科目学习不仅是掌握概念知识本体。更重要的是，它还涉及与认识论的假设、观点、价值及特征有着批判性的联系（Collins & Ferguson，1993；Lee，2001；Perkins，1992；Warren et al.，2005）。还有，尤其那些学习成绩一直不理想的青少年，关于偏好和情感带来的学科上的问题也摆在了他们的面前（Heath，2004）。

许多基于学校的干预开始解决这些设计难题。包括代数项目（Mose & Cobb，2001）、谢希科南中心（Conant et al.，2001；Rosebery，2005；Warren et al.，2001，2005）、文化范例项目（Lee，1993，1995，2001）、知识项目资助（Gonzalez，Amanti，& Moll，待出版）、卡梅哈梅哈早期教育项目（Au，1980；Tharp & Gallimore，1988）、移民学生在 UCLA 暑期项目（Gutierrez，2005）、哈佛大学人才发展项目（Boykin，2000；Boykin & Bailey，2000）以及其他项目。我们以其中的三个作为讨论例子，看看这些例子如何试图设计课堂以支持来自非主流群体的青少年深入学习重要学科观点和实践。

497

文化范例（Cultural Modeling）（Lee，1993，1995，2001，2003a；Lee & Majors，2005）是学习环境设计的一个框架，用日常经验中建构的知识来支持主题学习。文化范例研究集中于文学与非裔美国青年的叙述写作（Lee et al.，1999）。在该研究中，这些领域结构的详细分析决定了产生最大影响的文化实践与日常知识类型。确定和处理此类问题的生成性知识、策略与一般启发的类型，以及必要的思维习惯和智力倾向都已明确。这要求不同起源的文学流派思想以及各流派能帮助初学者认识文学内容的意义。在阅读跨越国家与其他传统的文学时，解释性问题（例如象征主义、讽刺、讽刺文学、运用超现实的叙述）被认为是关键的。所有这些解释任务要求具有处理比喻的能力和类比推理能力。例如，李发现非裔美国演讲者的“**表意**”（一种形式，需要类比推理、语言剧欣赏、理解比喻语言）知识（Mitchell-Kernan，1981；Smitherman，1977），能够有效地促进读写推理的教学。

下面的短文证实了这类有效的设计原则：

> 文学单元始于象征主义，一个非裔美国高中生班评论说唱歌词“面罩”。琼纳德解释第二节：“我正在说我认为当一个人在战斗中为了侦察某个人而去戴面罩，这样他会被那个人击败。他在侦察某个人。我不知道他在侦察谁。为了使他意识到这个人在侦察他，他不得不摘下面罩。为了意识到这个人正在说……我不知道，开枪。（班级笑声）。我正在说那个人，为了使他意识到，另一个人正在侦察他，他不得不摘下面罩。”（Lee，2005b）。

在这个例子中，设计原则包括使用说唱歌词（同样在 Mahiri 2000/01；Morrell 2002），李称为“文化数据集”（cultural data sets），学生在课堂上发表他们如何理解“面罩”不只是字面的意思，而是一种象征。他们继续应用公众策略（通过班组讨论）解释象征主义，来分析托尼莫里森所**推崇**的规范文本。琼纳塔（Jonetha）的阐述说明了在没有教师直接教学和智力风险情况下的类比推理、语言话剧欣赏、深入文本分析。

通过利用学生已经具备的能力模型（例如，知道区别好的唱歌节拍与坏的唱歌节拍的特点，认识到在关键反驳时不具有充分的创造性，忽略先前比喻的大意），围绕这些文化数据集的讨论提供了关于这一领域中特殊问题的结构、处理这些问题的策略、评价解释合理性的标准。简单来说，就是使领域实践公开化，使能力空间可视化。考察这样的文化数据集可以提供基于日常经验的生成性领域问题的模型，这些模型支持类比推理，是有力的问题解决策略（既被新手使用，也被历史上的科学家和数学家创新时使用）。从设计的角度看，面临的挑战是找出充分源于学生日常经验的相似点，这个相似点既可以带来相关知识和学习兴趣，又可以与目标学习有重要的联系。第二，当学生对课文的讨论知之甚多时，教师和学生的关系可以完全重组。在李的研究中，专家和新手的关系的重组（和学生和教师的关系重组一致），促进了对实践的认同感，这带来了对学习共同体更强的归属感。

498 谢希科南中心的教师与研究者开发了一个探究实践，他们称之为**科学研讨会**（Science Workshop）（Warren & Rosebery，2004）。科学研讨会的设计初衷在于：在科学课堂中，促进儿童探究自己和他人“语言方式”的不同意义和作用。它明确指出语言具有探究性特征，它使学生的注意力集中于技能实践与推论实践，这些实践是非主流群体的儿童带到课堂的，比传统学校的科学实践更加广泛，更加有代表性。在科学研讨会中，探讨的是不同语言方式的潜在意义和作用（无论是儿童的、科学家的还是课文的）。例如，当讨论一个学生做的壁画（该壁画描绘了南瓜的生长周期）标题时，一个二年级的非裔美国儿童认为要扩大讨论的范围（更详尽请看 Warren & Rosebery，2004），他运用非裔社区中普遍运用的比喻方式，将南瓜种子的生命周期比喻为蜘蛛，“因为蜘蛛妈妈在死之前产卵，然后死去。”接着，全班探究他的比喻，他们使其中暗含的关系可视化（例如，

南瓜在枯萎之前形成种子，与蜘蛛死前产卵一样)。这种扩展性探究（对科学现象的可能意义进行概念化、展示和评价的各种方法）有如下作用：第一，它让学生更深度进入科学领域（例如，卵和种子有何相似和不同，它们又如何产生新生命?)；第二，它让学生以多种方式扩展他们的词汇，以此作为他们探索自己思想的工具；第三，让学生分析自己和他人使用词汇的方式，这可使学生考虑使用词汇的优点和不足（例如，这种比喻不能解释什么?)，这可以帮助学生弄清楚此类活动如何作为意义建构工具。最后，正如文化范例一样，科学研讨会中的对话也是混合式的，将严肃的分析工作和有趣的参与同语言及其他符号系统（例如模型、桌子、图表）结合起来。为了帮助学生在学科科学中建立对知识的结构和方法意义的认识，教师必须尊重和关注这些方面：学生科学训练中思维和对话的异质性、学习共同体的建构、自身的脚手架。

代数项目（Algebra Project，简称 AP）是另一个我们已经确定的、带来设计挑战的项目。每年我们在 28 个城市开展此项目，并服务于 1 万名儿童。代数项目包括课程、专业发展和一个校外组织——青年公民计划（Young People's Project)，在这里年轻人积极假设数学之旗是 21 世纪的公民权利。罗伯特·摩西（Robert Moses）博士，数学项目的创建人，认同把“算术”从概念上转移到“代数”的想法是高等数学的绊脚石。他问道，城市青少年（尤其是非裔美国青少年）的日常实践中哪些体现了如转移与均等等数学问题。他提出将旅行与城市交通系统作为检验这些问题的锚。代数项目因此发展了一些关于比率和概率的学习单元，其中一个使用非洲的击鼓传统。通过将数学学习与社会正义联系起来（Brantlinger，出版中；Gutierrez，2002；Gutstein，2003；Tate，1995)，代数项目清楚地利用了在学校共同体内外年轻人与成年人重要的发展关系。与早期的许多有关例子相比，代数项目认真地对待将学生日常语言转换为体现具有数学对话特征的象征符号这类问题。代数项目支持这样一种数学理解，即数学植根于学生的日常文化实践之中，这与文化范例和谢希科南中相似。通过这样的做法，无论在家庭共同体还是在“数学实干家”学术共同体中，学生被看作是有能力的成员。

结论

499

我们主张文化和多样性不是理解基本学习过程的外部现象，相反，将参与到各种技能实践的文化过程视为学习，这种观点对理解学习非常重要（Gutierrez & Rogoff，2003；Lee，2005a；Rogoff，2003)。这样做，我们将“多样性”转化为教学特色，而不是一个要解决的问题（Gutierrez et al.，2000；Warren et al.，2001)。这对于我们在学习科学中重新思考种族、文化、民族、阶级和性别问题尤其重要。我们的观点大大超越了所有多样性都起作用这一天真的观点，也不简

单地认为所有的先前知识都起作用。在某种程度上，我们认为年轻学生要敢于向各种挑战（Spencer，1999）作斗争，以此来确定种族、民族和阶级的特定形态，并且为这些学生而设计的学习环境必须强调多种常常被忽略的学习要素，包括个性和情感。

这种争论对于学习环境设计实践和学习理论发展有重要的意义。关于实践，我们所描述的观点强调根本性重构——重构我们在学校中组织学习的方法以及对学习者和相关知识的设想。一方面，这个重构包括改变我们的理解——对日常语言和社会实践以及它们和学校学科教学之间的联系的理解；另一方面，进行课堂设计以适应能进行不断学习的多种途径。关于理论，我们主张，学习对每个人来说都是一个文化过程，无论何种种族、民族、阶级或性别都是如此。而且，我们认为学习不仅仅是一个认知过程，而是交织着多个方面的发展，包括个性和情感。这对于学习的启示就是要求研究共同体探究一系列关于学习的更广更深的问题：学习究竟是何样？如何更好地支持学习？

我们希望这一章对学习科学中关于公平和多样性的讨论有所贡献。这可以让我们的讨论从关注学校中非主流青少年的数目增长转向到关注如何利用多种技能训练来更好地支持他们所学的核心内容以及他们所获的归属感和认同感。当我们在深入地考虑到所有学生的生活经验的前提下创建学习环境时，我们就会更接近公平。基于最后这个观点，公平不是提供或者创造相同，而是让青少年可以掌握他们所需要的全部技能，让他们有可能过着最丰富的生活和发挥他们最大的学习潜能。

关于作者身份的注释

纳伊拉·苏亚德·纳西尔在组织本章方面是主要作者。所有作者对内容作出了同等贡献。

参考文献

Au, K. (1980). Participation structures in a reading lesson with Hawaiian children: Analysis of a culturally appropriate instructional event. *Anthropology Education Quarterly*, 11 (2), 91–115.

Bakhtin, M. M. (1981). *The dialogic imagination: Four essays.* Austin: University of Texas Press.

Ball, A. F. (1992). Cultural preferences and the expository writing of African-American adolescents. *Written Communication*, 9 (4), 501–532.

Ball, A. F. (1995). Community based learning in an urban setting as a model for educational reform. *Applied Behavioral Science Review*, 3, 127–146.

Ball, A. (2000). Teachers developing philosophies in literacy and their use in urban schools. In C. D. Lee & P. Smagorinsky (Eds.), *Vygotskian perspectives on literacy research: Constructing*

meaning through collaborative inquiry. New York: Cambridge University Press.

Ballenger, C. (1997). Social identities, moral narratives, scientific argumentation: Science talk in a bilingual classroom. *Language and Education*, 11 (1), 1 - 14.

Ballenger, C. (1999). *Teaching other people's children: literacy and learning in a bilingual classroom.* New York: Teachers College.

Ballenger, C. (2003). The puzzling child: Challenging assumptions about participation and meaning in talking science. *Language Arts*, 81 (4), pp. 303 - 311.

500

Ballenger, C., & Rosebery, A. (2003). What counts as teacher research? Continuing the conversation. *Teachers College Record*, 105 (2), 297 - 314.

Baquedano-Lopez, P. (1997). Creating social identities through Doctrina narratives. *Issues in Applied Linguistics*, 8 (1), 27 - 45.

Biagioli, M. (1999). Aporias of scientific authorship: credit and responsibility in contemporary biomedicine. In M. Biagioli (Ed.). *The science studies reader.* New York: Routledge.

Boykin, A. W. (2000). The talent development model of schooling: Placing students at promise for academic success. *Journal of Education for Students Placed At Risk*, 5, 3 - 25.

Boykin, A. W., & Bailey, C. (2000). *Experimental research on the role of cultural factors in school relevant cognitive functioning: Synthesis of findings on cultural contexts, cultural operations and individual differences.* (Center for Research on the Education of Students Placed At Risk (CRESPAR) Technical Report #42 ed.). Washington, DC, and Baltimore, MD: Howard University and John Hopkins University.

Brantlinger, A. (in preparation). *Designing and Implementing a Socially Relevant Geometry Curriculum: The Complications of Teaching Math for Social Justice.* Unpublished doctoral dissertation: Northwestern University.

Burton, L., Allison, K., & Obeidallah, D. (1995). Social context and adolescents: Perspectives on development among inner-city African-American teens. In L. Crockett & A. Crouter (Eds.), *Pathways through adolescence: Individual development in social contexts* (pp. 119 - 138). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Civil, M. (2005, October). *Building on Community Knowledge: Challenges and Possibilities for Mathematics Education.* Talk presented at Investigations in Number, Data, and Space, Boston, MA.

Cole, M. (1996). *Cultural psychology, A once and future discipline.* Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.

Cote, M., Gay, J., Glick, J., & Sharp, D. (1971). *The cultural context of learning and thinking.* New York: Basic Books.

Collins, A., & Ferguson, W. (1993). Epistemic forms and epistemic games: Structures and strategies to guide inquiry. *Educational Psychologist*, 28 (1), 25 - 42.

Conant, F., Rosebery, A., Warren, B., & Hudicourt-Barnes, J. (2001). The sound of drums. In E. McIntyre, A. Rosebery, and N. González, (Eds.), *Classroom diversity: Connecting curriculum to students' lives*, pp. 51 - 60. Portsmouth: Heinemann.

Erickson, F. (2002). Culture and human development. *Human Development*, 45 (4), 299 - 306.

Fisher, M. T. (2003). Open mics and Open minds: Spoken word poetry in African diaspora participatory literacy communities. *Harvard Education Review*, 73 (3), 362 - 389.

Foster, M. (1997). *Black teachers on teaching*. New York: The New Press.

Galison, P. (1997). *Image and logic: A material culture of microphysics*. Chicago: University of Chicago Press.

Garcia, G. E. (2000). Bilingual children's reading. In M. Kamil, P. Mosenthal, P. D Pearson, & R. Barr (Eds.), *Handbook of reading research* (Vol. 3, pp. 813 - 834). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Gee, J. P. (1989). The narrativization of experience in the oral style. *Journal of Education*, 171 (1), 75 - 96.

Gee, J. P. (1990). *Social linguistics and literacies: Ideology in discourses*. London: Falmer.

Gee, J. P., & Clinton, K. (2000). An African-American child's "science talk": Co-construction of meaning from the perspective of multiple discourses. In M. Gallego & S. Hollingsworth (Eds.), *What counts as literacy: Challenging the school standard* (pp. 118 - 135). New York: Teachers College Press.

Goldman, S. (2001). *Factoring families into math success*. Unpublished manuscript.

González, N. (2004) Disciplining the discipline: Anthropology and the pursuit of quality education. *Educational Researcher*, 33 (5), 17 - 25.

González, N., Amanti, C., & Moll, L. (in press). About culture: Using students' lived experience to build curriculum. In A. Rosebery & B. Warren (Eds.). *Teaching science to English language learners*. Washington, DC: National Science Foundation.

Gutiérrez, R. (2002). Enabling the practice of mathematics teachers in context: Toward a new equity research agenda. *Mathematical Thinking and Learning*, 4, 145 - 187.

501 Gutierrez, K. (2005, April). *Intersubjectivity and grammar in the third space*. Talk presented at the annual meeting of the American Educational Research Association.

Gutierrez, K., Baquedano-Lopez, P., Alvarez, H., & Chiu, M. (1999). Building a culture of collaborating through hybrid language practices. *Theory into Practice*, 38 (2), 87 - 95.

Gutiérrez, K. D., Baquedano-López, P., & Tejada, C. (2000). Rethinking diversity: Hybridity and hybrid language practices in the third space. *Mind, Culture, and Activity*, 6, 286 - 303.

Gutiérrez, K., & Rogoff, B. (2003). Cultural ways of learning: Individual traits or repertoires of practice. *Educational Researcher*, 32 (5), 19 - 25.

Gutstein, E. (2003). Teaching and learning mathematic for social justice in an urban, Latino school. *Journal for Research in Mathematics Education*, 34, 37 - 73.

Hatano, G., & Inagaki, K. (1986). Two courses of expertise. In H. W. Stevenson, H. Azuma, & Hakuta (Eds.), *Child development and education in Japan* (pp. 262 - 172). New York: Freeman.

Heath, S. B. (1983). *Ways with words: Language, life, and work in communities and classrooms*. Cambridge: Cambridge University Press.

Heath, S. B. (2004). Risks, rules, and roles: Youth perspectives on the work of learning for community development. In A. N. Perret-Clemont, C. Pontecorvo, L. B. Resnick, T. Zittoun, & B. Burge (Eds.), *Joining society: Social interaction and learning in adolescence and youth* (pp. 41 – 70). New York: Cambridge University Press.

Heath, S. B., & McLaughlin, M. (1993). *Identity and inner-city Youth.* New York: Teachers' College.

Hirsch, B. (2005). *A place to call home: After-school programs for urban youth.* New York: Teachers College Press.

Hudicourt-Bames, J. (2003). The use of argumentation in Hatian Creole science classrooms. *Harvard Educational Review*, 73 (1), 73 – 93.

Jimenez, R. T., Garcia, G. E., & Pearson, P. D. (1996). The reading strategies of Latina/o students who are successful English readers: Opportunities and obstacles. *Reading Research Quarterly*, 31 (1), 90 – 112.

Keller, E. F. (1983). *A feeling for the organism: The life and work of Barbara McClintock.* New York: W. H. Freeman.

Ladson-Billings, G. (2001). *Crossing over to Canaan: The journey of new teachers in diverse classrooms.* San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Langer, J., Bartolome, L., Vasquez, O., & Lucas, T. (1990). Meaning construction in school literacy tasks: A study of bilingual students. *American Educational Research Journal*, 27 (3), 427 – 471.

Latour, B., & Woolgar, S. (1986). *Laboratory life: The social construction of scientific facts, 2nd Ed.* Princeton: Princeton University Press.

Lave, J. (1988). *Cognition in practice.* New York: Cambridge.

Lee, C. D. (1993). *Signifying as a scaffold for literary interpretation: The pedagogical implications of an African American discourse genre.* Urbana, IL: National Council of Teachers of English.

Lee, C. D. (1995). A culturally based cognitive apprenticeship: Teaching African American high school students' skills in literary interpretation. *Reading Research Quarterly*, 30 (4), 608 – 631.

Lee, C. D. (2001). Is October Brown Chinese: A cultural modeling activity system for underachieving students. *American Educational Research Journal*, 38 (1), 97 – 142.

Lee, C. D. (2003a). Cultural modeling: CHAT as a lens for understanding instructional discourse based on African American English discourse patterns. In A. Kozulin, B. Gindis, V. Ageyev, & S. Miller (Eds.), *Vygotsky's educational theory in cultural context* (pp. 393 – 410). New York: Cambridge University Press.

Lee, C. D. (2003b). Why we need to re-think race and ethnicity in educational research. *Educational Researcher*, 32 (5), 3 – 5.

Lee, C. D. (2005). Double voiced discourse: African American vernacular English as resource in cultural modeling classrooms. In A. Ball & S. W. Freedman (Eds.), *New literacies for new times: Bakhtinian perspectives on language, literacy, and learning for the 21st century* (pp. 129 – 147). NY: Cambridge University Press.

Lee, C. D. (2005a). Intervention research based on current views of cognition & learning. In J. King (Ed.), *Black education: A transformative research and action agenda for the new century* (pp. 73 - 114). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum (joint publication with the American Educational Research Association).

Lee, C. D. (2005b). The state of knowledge about the education of african americans. In J. King (Ed.), *Black education: A transformative research and action agenda for the new century* (pp. 45 - 72). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum (joint publication with the American Educational Research Association).

Lee, C. D., & Majors, Y. J. (2005). *Cultural modeling's response to Rogoff's challenge: Understanding apprenticeship, guided participation and participatory appropriation in a culturally responsive, subject matter specific context.* Unpublished manuscript.

Lee, C. D., Mendenhall, R., Rivers, A., & Tynes, B. (1999). *Cultural modeling: A framework for scaffolding oral narrative repertoires for academic narrative writing*: Paper presented at the Multicultural Narrative Analysis Conference at the University of South Florida.

Lee, C. D., Spencer, M. B., & Harpalani, V. (2003). Every shut eye ain't sleep: Studying how people live culturally. *Educational Researcher*, 32 (5), 6 - 13.

Lynch, M. (1985). *Art and artifact in laboratory science: A study of shop work and shop talk in a research laboratory.* Boston: Routledge and Kegan Paul.

Mahiri, J. (1998). *Shooting for excellence: African American and youth culture in new century schools.* New York: Teachers College Press and National Council of Teachers of English.

Mahiri, J. (2000/2001). Pop culture pedagogy and the end(s) of school. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 44 (4), 382 - 386.

Majors, Y. (2003). Shoptalk: Teaching and learning in an African American hair salon. *Mind, Culture and Activity*, 10 (4), 289 - 310.

Masingila, J. (1994). Mathematics practice in carpet laying. *Anthropology & Education Quarterly*, 25 (4), 430 - 462.

Maslow, A. (1962). *Toward a psychology of being.* Princeton, NJ: Von Nostrand.

Michaels, S. (1981). "Sharing time," Children's narrative styles and differential access to literacy. *Language in Society*, 10, 423 - 442.

Mitchell-Kernan, C. (1981). Signifying, loud-talking and marking. In A. Dundes (Ed.), *Mother wit from the laughing barrel* (pp. 310 - 328). Englewood, Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Moll, L. (2000). Inspired by Vygotsky: Ethnographic experiments in education. In C. D. Lee & P. Smagorinsky (Eds.), *Vygotskian perspectives on literacy research: Constructing meaning through collaborative inquiry* (pp. 256 - 268). Cambridge: Cambridge University Press.

Moll, L., & González, N. (2004). Engaging life: a funds of knowledge approach to multicultural education. In J. Banks & C. McGee Banks (Eds.). *Handbook of research on multicultural education* (*2nd edition*), pp. 699 - 715. New York: Jossey-Bass.

Morgan, M. (2002). *Language, discourse and power in African American culture.* New York: Cambridge University Press.

Morrell, E. (2002). Toward a critical pedagogy of popular culture: Literacy development among urban youth. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 46 (1), 72 – 78.

Moschkovich, J. N. (1999) Supporting the participation of English language learners in mathematical discussions. *For the Learning of Mathematics*, 19 (1), 11 – 19.

Moses, R. P., & Cobb, C. E. (2001). *Radical equations: Math literacy and civil rights.* Boston: Beacon Press.

Nasir, N. (2000). "Points Ain't Everything": Emergent goals and average and percent understandings in the play of basketball among African-American students. *Anthropology and Education Quarterly*, 31 (3), 283 – 305.

Nasir, N. (2002). Identity, goals, and learning: Mathematics in cultural practice. In N. Nasir & P. Cobb (Eds.) *Mathematical thinking and learning*, Special issue on Diversity, Equity, and Mathematics Learning, vol. 4 (nos. 2 & 3), 211 – 247.

Nasir, N. (2005). Individual cognitive structuring and the sociocultural context: Strategy shifts in the game of dominoes. *Journal of the Learning Sciences*, 14, 5 – 34.

Nasir, N., Cooks, J., & Coffey, J. (2005). *Track literacy: Becoming a runner and learning to run.* Unpublished manuscript.

Nasir, N., & Stone, L. (2003). *"Mo' money, no problem": Learning to talk and play dominoes.* Unpublished manuscript, Stanford University.

Nicolopoulou, A., & Cole, M. (1993). Generation and transmission of shared knowledge in the culture of collaborative learning: The Fifth Dimension, its play-world, and its institutional contexts. In E. Forman, N. Minnick, & C. A. Stone (Eds.). *Contexts for learning: Sociocultural dynamics in children's development* (pp. 283 – 314). New York: Oxford University.

Ochs, E., Gonzales, P., & Jacoby, S. (1996). "When I come down I'm in the domain state": Grammar and graphic representation in the interpretive activity of physicists. In E. Ochs, E. A. Schegloff, & S. A. Thompson (Eds.), *Interaction and grammar* (pp. 328 – 369). Cambridge: Cambridge University Press.

Orellana, M., Reynolds, J., Dorner, L., & Meza, M. (2003). In other words: Translating or "paraphrasing" as a family literacy practice in immigrant households. *Reading Research Quarterly*, 38 (1), 12 – 34.

Perkins, D. (1992). *Smart schaols: Better thinking and learning for every child.* New York: The Free Press.

Resnick, M., and Rusk, N. (1996). Access is not enough: Computer clubhouses in the inner city. *American Prospect*, 27, 60 – 68.

Rogoff, B. (2003). *The cultural nature of human development.* New York: Oxford University Press.

Rogoff, B., & Angelillo, C. (2002). Investigating the coordinated functioning of multifaceted cultural practices in human development. *Human Development*, 45 (4), 211 – 225.

Rose, M. (2004). *The mind at work.* New York: Viking.

Rosebery, A. (2005). "What are we going to do next?" A case study of lesson planning. In R. Nemirovsky, A. Rosebery, B. Warren, B., & J. Solomon (Eds.), *Everyday matters in mathe-*

503

matics and science: Studies of complex classroom events (pp. 299 - 328). Mahwah, NJ: Erlbaum Lawrence/Associates.

504 Rosebery, A., & Warren, B. (Eds.). (in press). *Teaching science to English language learners.* Washington, DC: The National Science Foundation.

Rosebery, A. Warren, B., Ballenger, C., & Ogonowski, M. (2005). The generative potential of students' everyday knowledge in learning science. In T. Romberg, T. Carpenter, & F. Dremock (Eds.). *Understanding mathematics and science matters* (pp. 55 - 80). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Rosenfeld, E. (2005). *Telling, adapting, and performing personal stories: Understanding identity development and literacy learning for stigmatized youth.* Unpublished doctoral dissertation, Northwestern University.

Saxe, G. B. (1991). *Culture & cognitive development: Studies in mathematical understanding.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Scribner, S. (1985). Knowledge at work. *Anthropology and Education Quarterly*, 16 (3), 199 - 206.

Smitherman, G. (1977). *Talkin and testifyin: The language of Black America.* Boston: Houghton Mifflin.

Smitherrnan, G. (2000). African American student writers in the NAEP, 1969 - 1988/89 and "The Blacker the berry, the sweeter the juice." In G. Smitherman (Ed.), *Talkin that talk: Language, culture and education in African America* (pp. 163 - 194). New York: Routledge.

Sohmer, R., & Michaels, S. (2005). The "two puppies" story: The role of narrative in teaching and learning science. In U. Quasthoff & T. Becker, (Eds.). *Narrative interaction* (pp. 57 - 91). Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.

Spencer, M. B. (1987). Black children's ethnic identity formation: Risk and resilience in castelike minorities. In J. Phinney & M. Rotheram (Eds.), *Children's ethnic socialization: Pluralism and development* (pp. 103 - 116). Newbury Park, CA: Sage.

Spencer, M. B. (1999). Social and cultural influences on school adjustment: The application of an identity-focused cultural ecological perspective. *Educational Psychologist*, 34 (1), 43 - 57.

Spiro, R., Feltovich, P. L., Jackson, M. J., & Coulson, R. L. (1991). Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext: Random access instruction for advanced technology acquisition to ill-structured domains. *Educational Technology*, 31 (5), 24 - 33.

Steele, C. M. (1997). A threat in the air: How stereotypes shape intellectual identity and performance. *American Psychologist*, 52, 613 - 629.

Tate, W. F. (1995). Returning to the root: A culturally relevant approach to mathematics pedagogy. *Theory into Practice*, 34, 166 - 173.

Taylor, E. (2004, April). *Low-income African-American second grade students' engagement in currency exchange: The relationship to mathematical development.* American Educational Research Association Annual Meeting, San Diego, CA.

Tharp, R., & Gallimore, R. (1988). *Rousing minds to life: teaching, learning, and schooling in*

social context. New York: Cambridge University.

Valdes, G. (2002). *Expanding the definitions of giftedness: The case of young interpreters from immigrant countries*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Warren, B., Ballenger, C., Ogonowski, M., Rosebery, A., & Hudicourt-Barnes, J. (2001). Rethinking diversity in learning science: The logic of everyday sensemaking. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 529 – 552.

Warren, B., Ogonowski, M., & Pothier, S. (2005). "Everyday" and "scientific": Rethinking dichotomies in modes of thinking in science learning. 2005. In R. Nemirovsky, A. Rosebery, J. Solomon, & B. Warren (Eds.), *Everyday matters in mathematics and science: Studies of complex classroom events* (pp. 119 – 148). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Warren, B., & Rosebery, A. (1996). "This question is just too, too easy!": Perspectives from the classroom on accountability in science. In L. Schauble & R. Glaser (Eds.), *Innovations in learning: New environments for education* (pp. 97 – 125). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Warren, B., & Rosebery, A. (2004, February). "*What do you think Hassan means?*" *Exploring possible meanings of explicitness in the science classroom.* Invited talk at the Center for the Scholarship of Teaching, Michigan State University.

Wolpert, L., & Richards, A. (1997). *Passionate minds: The inner world of scientists.* Oxford: Oxford University Press.

第30章

技术支持性评价对学校改革的展望

芭芭拉·米恩斯

过去20年间，我们对技术融入学校教育过程寄予了很大的期望，也取得了一些重要的进步。实际上，在信息时代中，20年前人们就不断关注技术对教育的影响，并作出了令人兴奋的预言（实例见 Milken Family Foundation，1999；Office of Technology Assessment，1995）；但此预言至今还未实现。但即使这样，也已经成功了一半。如今，美国普通学校学生平均拥有电脑的比率是5:1（National Center for Education Statistics，2003），并且技术在学生研究性学习和汇报准备方面的应用已经司空见惯。然而，在教育技术领域，讨论最激烈的是围绕应用技术来改善评价体系方面。学校改革者、技术狂热者以及商业利益群体都认为评价在课堂中提高技术使用方面是个极具潜力的领域（Bennett，2002；CEO Forum on Education and Technology，2001；CoSN，2005；Education Week，2003）。

虽然热衷于将课堂评价与技术相结合的现象普遍存在，但是对有效课堂评价的目的与性质存在两种相互争论的观点，每种观点对技术的作用都有不同的认识。一种观点呼吁将课堂评价实践与国家要求的教学内容标准及责任制度紧密联系起来。另一种观点是更多地利用学习科学最近的进展，号召运用技术开发并实施评价，将其整合到日常教学中，使教师能更多地洞察学生的思维，从而相应地调整他们的教学。两种观点的支持者都认同“形成性评价”（formative assessment）这个专业术语，但对“形成性评价”的解释却大相径庭。

在本章中，我首先介绍对技术支持性评价（technology-supported assessment）的看法，认为它是标准化绩效责任的补充。然后从学习科学的视角讨论形成性评价的概念以及为了达到形成性目的，应用基于责任制的课堂评价方法所存在的缺点。接下来，转入本章的重点：技术支持性评价的第二种观点。从近期学习科学研究的视角出发，来探讨其发展的根源。同时我将基于第二种观点更深入地探讨形成性评价的诊断功能。本章的其余部分描述了一些有关原型的经典案例以及应用第二种观点的基于研究的系统。

基于技术的课堂评价支持绩效责任

就像绩效责任所体现的那样，基于技术的评价对于学校角色转换的影响体现在课堂实践与由学区和州教育局制定的课程标准之间的紧密联系上。如果教师可以根据州的标准正规地、有效地测试学生，同样，也可以用这些测试结果找出在哪些地方需要改进教学，包括对全班和个体学生的指导。为了方便教师用适合学科和年级的标准去评价学生，基于技术的系统（technology-based systems）鼓励进行适当的集中教学（以及在州范围内的课堂、学校与学区应用标准化）。

506

《不让一个孩子掉队》（No Children Left Befind，NCLB）法案无疑大大地推动了前面所提及的观点的发展。这项法案：（1）着重强调把教育和具体的教学内容标准联系起来；（2）提高全州范围内基于技术的课堂评价与学生绩效的相关度［例如，要求学校对所有学习成绩较差学生的“适当年度进步”（Adequate Yearly Progress）测试分数进行解释说明］，这要求创建新的评价工具。应用这些工具，教师能够评价学生的进步，教学管理者能够较早地发现潜在的教学问题。商业机构已很快地看出各学校、学区和州管理人员所提供的市场潜力，这些管理人员对学生可能取得的成绩表示担忧，因为学生的成绩要和《不让一个孩子掉队》法案中“适当年度进步”的要求进行对比。市场趋势分析者注意到，近年来教学软件市场已经停滞不前，但是基于计算机的评价系统在销售上有极大的增长（Dyson，2004）。与绩效责任相关的测试系统已经成为《教育周刊》2003 年度热点问题的一部分，被称为“历史上最大的大学前测试”（Education Week，2003，p. 10）。

在一些案例中，州与学区正在开发基于计算机的评价，学生能够应用这些评价来完成州的测试。2003 年《教育周刊》对有关州教育部门的一项调查发现，12 个州提供了这样的实践测试。这些州中最显著的是得克萨斯州的在线数学诊断系统，佛罗里达州的 FCAT 资源管理器提供的测试系统与技能实践，其关键部分是综合评价测试（Comprehensive Assessment Test）（Borja，2003；Olson，2003）。在商业产品中，可有效利用的是培生进步评价系列（Pearson's Progress Assessment Series）。2005 年 2 月这个产品的一个广告（Pearson Education，2005，p. 9）标题为：“在取得成功之前去衡量他们的成功潜力”。这则广告解释说，全年实施形成性评价可预测学生在州所制定的能力标准考试上的成绩。

来自于品尼高（升级版）（Pinnacle Plus）这类精品软件（一种视频记录编辑软件——译者注），提供了基于计算机的“对真正的信息化教学的实时评价反馈”（eSchool News September，2004，p. 31）。HOST 学习项目宣称该软件中的“学习者连接”（LearnerLink）方式可提供“形成性评价和说明性的教学计划”来“简化标准化课堂教学”，“形成性评价和说明性的教学计划”是与州和地区

的标准以及大规模的标准化评价相一致的（http://www.hosts.com/products/learnerlink.html，访问时间：2005－07－31）。学生进行基于计算机的评价，学习者连接系统为教师提供了一系列教学资源，这些资源与学生尚未掌握的标准相匹配。太阳系统（SOLAR System）提供了预评价，以查明成绩差距。柏拉图教育测试（PLATO eduTest）（之前由Lightspan发布）提供了与州的课堂使用标准相联系的在线评价。柏拉图教育测试小册子（the PLATO eduTest Brochure）可以在网站上获得。（http://www.plato.com/products.asp? cat=Assessment&ID=83，访问时间：2007－05－31）。这本小册子描述该系统是"标准化综合性在线评价项目，可以用于课堂形成性评价和学区基准性评价与汇报。"这些产品的卖点是它们能够使负责人或学区管理者获得一些学年中期信息，即相对于州针对《不让一个孩子掉队》法案所规定的每年进步要求，学生表现得怎么样。

507 在促销这些系统时宣传的最主要优势就是：当这些系统还有时间提供一些额外的指导时，能识别出一个学生在学校期间在某一点还没有达到的具体标准。某些系统包含有教学指导的部分，比如FCAT资源管理器；其他系统给教师与管理者提供评价结果，评价结果可以为他们提供恰当的指导。

这些系统的技术优势是定制化性能（capability for customization）。产品销售商拥有大型测试项目资源库，适于特定的技能与学科领域测试。个人用该资源库去开发测试项目，适合于一个特定州或特定学区的标准，以达到一个特定的分数水平。许多系统为教师提供合适的标准化测试项目，然后选择一些他们认为是最合适的项目子集。有些系统允许教师修改或者自己增加测试项目。这些系统中使用的测试形式多数为多项选择题或简答题。

虽然宣传资料常将这些系统描述为"形成性评价"，即一种在教学单元或教学系列单元中为了教学更有效而进行评价的一种方式。然而，需要注意的是，它们只提供有限的教学指导信息（尽管这些信息是重要的）。这些报告有代表性地提供了关于那些有关标准的信息，即学生的成绩与州或学区的预测水平相一致或低于预测水平的信息。这些系统反映了一种**掌握学习**（master learning）教学法（Bloom，1976；Keller，1983）：将要学习的内容分成具体的主题与技能，每个学生都练习一个主题或者技能，直到掌握为止。教学和学习的特点是根据学习所需时间或者"任务时间"来体现的，而不是根据与学习材料交互的质量或类型。未达标的学生，通常需要接受更多的之前接受过的同一类型的指导，或者进行同一实践训练的反复练习。这种学习观点和学习科学现代著作中所表达的观点完全不同。

提高形成性评价的兴趣

不断强调绩效责任制的测试毫无疑问是近年来最明显的评价趋势。同时，对

于真正的形成性评价的兴趣也在上升。形成性评价与总结性评价（summative assessment）是相对的，所谓终结性评价是指在每个教学单元结束时或确定已经习得内容时进行的评估和测试。布莱克和威廉（Black & Wiliam，1998）回顾了250 多项有较大影响的研究，结论是：在所回顾的研究文献中，形成性评价技术的使用是最有效的课堂干预之一：

> 有力的证据表明，形成性评价是课堂教学的一种本质特征，形成性评价的发展能够提高标准。我们没有其他的方式来提高标准，但是以学生丰富的学习成果为基础，就能够产生一个成功的、很有说服力的应用案例（p. 19）。

508

人们对形成性评价可能更多地停留在口头评说上而不是真正地实施。研究者广泛提倡使用这种评价（National Research Council，2001；Pellegrino，Chudowsky & Glaser 2001；Shepard，2000），并努力促使其走上专业发展之路（Black & Harrison，2001；Koch & Sachman，2004；McTighe & Seif，2003；Shepard，1997）。正如前面所描述的，一些商业机构发布测试软件前，大肆宣传他们的产品是形成性评价工具。然而，他们称为形成性评价的活动通常类似于学年结束之前简单的年度终结性评价，并没有专门为指导将来教学而设计的评价活动。

布莱克和威廉（Black & William，1998）强调关键之处在于评价提供的信息能够影响后续的教学。如果一个评价仅仅用于评定分数，内容上没有提供进一步的学习机会，评价就不是真正形成性的。只有评价揭示了学生思维的具体方面，借助这些方式他们能进行进一步的教学，并且运用那些诊断性信息提供额外的学习机会，在某种意义上，才算是布莱克和威廉在回顾课堂研究中应用的“形成性评价”（也见 Bass & Glaser 关于“形成性评价”的概念，2004）。**评价的形成性本质不但存在于评价本身中，而且存在于评价与其课堂角色的交互中。**（这与近来的测试效度的概念转变相似，效度应是基于如何使用一个测试分数来评价，而不是测试工具本身固有的、独立的使用情境。）

许多用于支持与标准和绩效责任制相联系的课堂评价的系统都缺乏传达教学决策的能力。它们倾向于提供关于学生是否已经掌握知识的信息，而不是提供洞察学生思考的方式。这些系统中的项目倾向于强调事实、概念名称辨别以及无关联程序学习，而不重视更深层的理解以及概念之间的关系。虽然几乎每一门课程标准都强调关键知识内容深度的重要性，而不仅仅是知识覆盖面的宽度，但是跨越多个知识领域的评价标准不断增加，在美国课堂中已经形成了“一英里宽，一英寸深”声名狼藉的说法（Schmid et al.，1997）。我最近访谈的一位数学教师对此的评论就验证了这种现象。这位教师向我展示了他所在的大城区规定的数学标准，标准里面的内容要在四分之一学年内教授完。这个标准要求学区每隔 9 周根据该标准进行一次测试。当我问这位教师将如何对待那些需要更多时间来达

到课标的学生，他说他必须听从学区的指导，只好“涉及简单的教学内容，并继续教学”。技术能够更有效地取得进步，但是当其用于进行测试，强调标准覆盖率而不是学生理解时，技术只不过加深了教育中的武断方式。

评价服务于认知诊断

真正的形成性评价在研究者设想中的一个不可分割的部分，这些研究者正试图从学习科学中引入一些见解，用于指导课堂实践。以《人是如何学习》（*How People Learn*）（Bransford，Brown，& Cocking，1999）所概括的研究项目中引申出来的教育含义为基础，国家研究委员（National Research Council）其中的一个委员会（Donovan，Bransford，& Pellegrino，1999）总结出，“教师必须提前了解学生对已学知识的理解和所教的内容”（p. 15）；同时还得了解“形成性评价”（主要使教师和学生对学生学习思维进行评价能够可视化）。这些了解是必不可少的（p. 21）。

509 认知研究为人是如何学习以及如何在不同学科领域获得专业技能提供了新的评价视角。从这个立场出发，形成性评价的目的与其说是对学生成绩水平进行评价，不如说是对学生在评价领域的理解与推理的本质进行评价。掌握学习法就是将学习目标分解为具体的技能或者是知识小块，同时评价每一小块知识是否已经被掌握。相反，认知学习理论家更加注重评价知识与技能在学生头脑中的组织方式。这些理论家将知识描述为分层组织概念构架，概念构架倾向于使个体根据意义模式看问题，将这些成功模式的处理方法应用到新情境中。此外，在具体学科领域中认知研究有一个传统——对专家与新手或者处于不同发展阶段的学生的思维与问题解决行为进行比较。这些研究揭示出经常有很多不同的方法解决“不知道”的事情。低龄学生的思维被描述为并非因无知而产生的任意猜测，而是在特定迷思概念影响下持续的可预测标记（diSessa，本书）。一般的迷思概念已经被无数的科学主题辨别出来，包括经典力学（Champagne，Klopfer & Anderson，1980）、运动学（Carmazza，McCloskey & Green，1981；McCloskey，1983；McCloskey & Kohl，1983）以及季节与地球转动方面的知识（Sadler，1987）。学生常常对某一学科领域的某些方面有部分正确的理解，这样在某些情境下是正确的答案或合适的回答，而在其他情境下却并不适合（Linn，本书）。在一些案例中，思维方式是一个非常典型的持续性发展过程。例如，大多数儿童能够回答有关“大”与“小”方面的问题，而且在他们整合这两种能力去回答两个数字孰大孰小（Griffin & Case，1997）之前，能够正确地计数。在另一些例子中，存有不同的迷思概念和未知的持续性方式（Chi & Slotta，1993）。学习理论家强调教师需要理解每个学生对正在研究的现象是如何思考的：

> 学生带着世界是如何运作的前概念来到课堂进行学习。如果他们最初理解没有介入，就不能掌握新的概念和课堂中的新信息，或者只是为了考试而学习这些新概念和新信息，那么他们在课堂外又回到了前概念状态（Donovan，Bransford & Pellegrino，1999，p. 2）。

在这一观点中，形成性评价的目标不是确定一个学生是否"已经掌握"，而是揭示学生关于问题或主题的思维方式。两个学生可能对于一些现象都缺少科学的正确理解，但是却可能有迥异的思考方式。如果教师只关注在每个学生原有理解水平上的教学，那么教师需要了解每个学生思维的特征。在研究已经揭示了认知的详细模式的那些课程领域中，这些模式为具有教学指导意义的形成性评价的发展奠定了基础。

运用认知研究设计评价项目

510

菲尔·萨德勒（Phil Sadler）所作的关于学生如何理解地球与太阳系运动的研究，提供了一个很好的例子来说明评价是如何能够诊断学生的理解的。在早期研究中，不同年龄的学生被问及地球的轨道及温度随季节变化的原因，研究表明，不同年龄阶段的学生认为在夏季时地球的轨道使地球离太阳的距离更近（Sadler，1987），其他学生则认为，地球与太阳的距离才是主要因素；因为地球在夏天"靠近"太阳，而在冬天远离太阳（从北半球的视角看），因而对距离产生了不同的描述。仅有少数学生能够理解地球的球体外形和倾斜的含义：即太阳光线与地球的角度在夏季更大，从而使白天更长，太阳更加直射地球。以迷思概念和对季节理解的发展研究为基础，萨德勒开发了一系列测试项目（Sadler，1998）。在每一个项目中除了一个正确的答案选择，还包含错误的选择（即干扰项），这些错误选择是学生在研究文献中发现的各种迷思概念的基础上得出的答案。同样，一些项目被开发出来用于探究学生的推理，比如：是什么产生了黑夜与白天，太阳系之外的行星的相对距离，以及月亮的相位等一系列推理。萨德勒的天文知识评价可用于确定学生在这些领域的思考方式，而不仅是确定他们是否给出了科学的正确的解释。通过对大量学生进行评价，萨德勒证实了几个例子：学生选择正确答案的比例似乎随年龄的增长而降低，直到在最高年级水平的测试中，正确答案的比例才开始增长。萨德勒运用这些数据指出，在这些例子中，对一些问题"正确"答案的减少，事实上是认知发展的标志。不成熟的概念框架经常因错误的推理对一些问题产生正确的答案；随着学生概念的成熟，他们可能开始对某一时段回答正确的问题给出错误的答案，直到一个新的、更全面的理解得到巩固。

对萨德勒研究的描述表明，为学生如何思考复杂主题建立一个基于实证研究

(empirical research) 的评价，是需要付出很多努力的。学习科学研究为这项工作提供了基础，它对早期数学、生物、微积分、经济、物理和历史等领域中的推理作了认知研究 (Bransford, Brown & Cocking, 1999; Donovan & Bransford, 2005)。即便如此，评价的系统发展对某一领域内因理解带来的巨大差异非常敏感，不但要求严谨的评价规范，而且要求通过应试者来试用这些规范并测定它们的技术特征（例如，应试者反应的分布情况以及对不同的评价项目或者部分项目的反应之间的相互关系）。为 K-12 教育课程的所有领域建立基于研究的评价需要巨大的努力。当然，开发基于研究的评价项目并不像我们期待的那样由每位教师甚至每一个学区来独立承担。虽然这个任务对于某位教师或某个学区来说太艰巨了，但是如果我们齐心协力，那也并不难，并且技术支撑使这一集体努力成为可能。通过开发能够进行认知诊断的网络化评价形式，研究者开始为越来越多的课堂内教师提供资源。

511 使用网络推广诊断性评价

吉姆·明斯基尔、厄尔·亨特 (Jim Minstrell & Earl Hunt) 和他们的同事已经在学科领域开发了基于技术的诊断性评价项目，并在网络上传播。明斯基尔曾是一位高中物理教师，他通过文献研究和对教师的观察，编辑了一组学生关于力与运动的概念。在明斯基尔的术语中，一些概念或"面"被认为在科学上是正确的（至少在基础物理阶段是正确的）。另外一部分是局部错误的，还有一部分则是严重错误的。在这些工作中，评价的目标是引起学生的反应，揭示每个学生的潜在思维或者知识面。明斯基尔和他的同事在开发了知识面的详细目录后，继续开发评价项目，这些项目根据学生知识面程度来引起他们不同的反应 (Minstrell, 1999)。例如，当问及物体完全浸没在液体中或部分浸没在液体中的重量时，将会有多方面影响因素，比如有液体的影响或其他介质引起的影响，这与重力产生的影响有所不同。一个学生可能认为周围的力不会对物体施加压力，也可能认为液体介质仅仅产生向上的浮力，或者物体的重量与介质对它的压力直接成比例。一些学生可能已经记住了浮力的数学公式并可以将它应用于一些问题，以得到正确的答案，但是他们仍然缺乏对有关定性概念方面的理解。(向上的浮力是很多不同方向的压力作用的结果。)

明斯基尔与他的同事（见 http://www.facetinnovations.com，访问时间：2005-07-31）已经开发出一个基于计算机的评价系统来获知学生的知识面。这个评价系统为学生提供了问题情境（比如，一个固体圆柱体被一根绳子悬挂在弹簧秤上。弹簧秤上的读数显示圆柱体重量为 1.0 磅。如果将这个重 1.0 磅的圆柱体刚好浸没在水里，弹簧秤的读数会是多少呢?）及一系列多项选择的答案，每个答案都跟一个具体的知识相联系。在选择问题的答案后，学生要在选择

的答案后面写出理由。该系统会对学生所作解释的有关知识和最初选择的答案的知识进行比较。系统能诊断出学生很可能掌握的知识以及学生的预测与解释之间的一致性。这个系统可以给教师呈现诊断性报告及与诊断方面相吻合的教学处方。

该系统的第一个基于技术的版本称为“诊断者”（DIAGNOSER），使用苹果公司的超媒体卡系统（HyperCard）编程环境进行开发。最近，FACETS 系统（FACETS system）给教师提供网络访问入口，在大量中学科学与数学学科领域中进行诊断性评价。系统也为教师提供指导，即如何以知识的形式来分析学生的开放性解释。在通过 FACETS 评价系统确定学生的迷思概念之后，使用“基准课程”来激发学生的观念。他们的目的是鼓励学生将观念应用到新的情境，并检查自己的推理，明白其期望在何处得到实现以及观念与实际观察之间的差异。

运用技术进行复杂诊断

FACETS 评价系统阐释了技术对形成性评价的贡献：为之提供有关基于研究的诊断性评价项目及相关教学策略与材料的可存取资源库。技术也有潜力对学生的反应模式进行综合分析，这些分析对于教师来说是很耗时并且很难实施的。美国加州大学洛杉矶分校（UCLA）的 IMMEX（Interactive Multimedia Exercise，互动多媒体练习）系统提供了一个运用技术去分析学生综合问题上的表现的例子，这些分析方法对于教师来说是困难的，甚至是不可能做到的（Vendlinski & Stevens，2000）。开发这个系统最初是为了向医学专业的学生传授诊断技能。但是后来已经扩展到传授问题解决方法，传授对象为 K－12 的学生，涉及的学科包括：地球科学、化学、社会研究、数学和语言等（见 http://www. immex. ucla. edu，访问时间：2005－07－31）。

512

IMMEX 系统给学生呈现动态、复杂的问题情境，例如地震之后为一个储藏室喷洒化学药品，或者婴儿在医院里被调包之后鉴别出孩子真正的父母。该系统要求学习者接受挑战去调查这些问题，并给予一定的背景信息，还可以选择不同的模拟测试（如提交神秘的化学药剂来测试火焰），在提出解决方案之前得到测试结果。这个系统归纳出每个学生测试的信息、测试的顺序及在问题各部分所花费的时间（Underdahl，Palacio-Cayetano & Stevens，2001）。运用神经网络技术，IMMEX 系统可比较学习者采取的步骤顺序和专家对此类问题所采取的解决步骤。教师得到一个搜索路径图，该图显示了每个学生的问题解决策略路径。根据问题解决策略（这类策略根据不同信息类型会有不同测试）、策略要素的组合（例如，选择信息时很可能要排除一些选项）以及既定问题集得到正确解决的可能性，可以对学生解决问题的方法进行分类（Stevens et al.，2004）。

IMMEX 团队已经开发出为教师在课堂上实施 IMMEX 问题解决单元提供额外

支持的系统。编著系统允许教师写他们自己的 IMMEX 问题。围绕 IMMEX 进行专业发展可以为教师提供一些建议，即根据学生在 IMMEX 问题的成绩，何时及如何就问题解决策略提供额外的指导（Underdahl，Palacio-Cayetano，& Stevens，2001）。

技术支持学生进行自我评价

芭芭拉·怀特（Barbara White）和约翰·弗雷德里克森（John Frederiksen）主持的思想家工具探究项目（The Thinker Tools Inquiry Project）已经开发出技术支持的课堂评价实践，该实践包括学生评价自己的理解。思想家工具是一门中学课程，帮助学生学习力与运动的概念和科学探究的过程。每个“探究周期”都以学生尚未理解的关于一组现象的问题作为开始（例如，一个球在不同的摩擦表面如何继续前进）。课堂被分成许多研究小组，讨论他们关于这些情境的直觉，并提出假设与模型。然后学生测试他们的模型，运用基于计算机的模拟和真实世界的材料记录他们的观察。每个小组思考他们从测试的假设与模型中学到了什么，然后所有的组重新到一个研究论坛集合，展示他们的模型、成果与解释。课堂上讨论各个小组的模型和成果，评选出最好的模型，然后尽力将那个模型应用到新的情境中。怀特和约翰·弗雷德里克森（White & Frederiksen，2000）测试了把形成性评价加到思想家工具中的效果，学生自己参与到研究者所说的“反思性评价”中去。一个基于计算机的系统提供给学生一系列好的科学探究的特征标准，并要求他们根据这些标准，评价他们自己的和他人的工作。这些包含形成性评价的成分在一项科学探究测试中会带来较大的收获，特别是对那些一开始在标准化成绩测试中获得低分的学生。因此，与反思性评价（reflective assessment）的介入明显缩小了在科学探究领域的成绩差距。

芭芭拉·怀特和约翰·弗雷德里克森认为这样的自我评价活动提出了教学的重要目标：学生既需要功能强大的学习模式，还需要在内化高质量学习标准方面得到帮助。思想家工具举例说明了学生能够积极地参与课堂评价实践的方式——不仅回应测试问题，而且亲自应用评价标准。这种参与既强调希望学生得的成就或成果的基本特征也强调创造这些成果的过程（Frederiksen & Collins，1989）。

513 整合技术支持与人类决策

尽管上述的 IMMEX 系统表明了神经网络软件能够进行模式诊断，并且这种诊断对于人类来说是很困难而且十分耗时，但是在学习科学共同体中有许多学者提出，在大多数情况下，人类观察者比人工智能软件能作出更好的教学诊断。即使这种观点是正确的，技术仍具有十分重要的作用。这表现在可以通过技术提出

有关问题来引发一系列的学生反应，这种反应是人类观察者在教学诊断方面应用的条件。

例如，在思想家工具中，基于技术的环境对学生思想测试提供模拟，同时也提供反映调查周期的结构，这种模拟和结构都与评价活动有关。反思性评价本身不是由系统进行的，而是由学习者自己和同伴进行的。与之相似，对高中几何智能导师系统的研究（Schofield，Eurich-Fulcer，& Britt，1994）发现，教师能够以学生与基于计算机的几何问题的交互为基础，提供更加适合学生需要的反馈与支持。斯科菲尔德等认为，与智能导师系统提供的反馈相比，教师的帮助更加清晰，更加符合学生的需求，但智能导师系统却能够使用常规班级教学中不能使用的方式揭示个体需要。因此，需要智能导师系统与教师共同提供形成性评价，而不能单独使用一种方式。

整合基于技术的评价与教学活动

与前面描述的强调诊断个体学生思维的方法不同，这里出现了一套技术支持的实践，这套实践为指导者提供了有关全班学生思维的几乎实时的快照（Means et al.，2004）。大学中大班教学的挑战促进了课堂交流系统（Class Communication System，CCS）的发展。CCS 包括一组联网的计算机、个人数字助手，或者很小的、看起来像电视遥控器的无线输入设备。在课堂上每个学生运用个人设备回答问题，无线网络在屏幕上汇集并呈现他们的答案（通常是柱状图）。

哈佛大学物理学教授埃里克·梅热（Eric Mazur）曾是运用课堂交流系统支持概念理解的主要提倡者之一（Crouch & Mazur，2001；Fagen，Crauch，& Mazur，2002；Mazur，1997）。当发现课程结束时许多学生仍不能理解基本的物理概念之后，梅热将他过去习惯的只通过讲授方法来传授内容转变为使用形成性评价和他称为“同伴教学”（peer instruction）的技术方法，使用这种新的方法，梅热只讲授很短的一段时间，然后就提出一个概念问题（例如，“想象在水下提着两块砖，砖 A 仅仅在水面下，而砖 B 在更深的水下，提着砖 B 所需要的力与提着砖 A 需要的力有何不同?”）。学生使用课堂交流系统给出他们对于这个问题的答案，然后梅热邀请他们与一两个其他同学讨论他们的答案并提供一些尽量使彼此信服的解释。在小组讨论后，梅热让全班同学第二次回答同样的问题。令人惊奇的是，正确答案的比例得到了显著增加。在这个问题上，在学生一开始产生明显的观点冲突并积极参与之后，梅热接着引导他们深入地探讨这个主题，例如，挑战学生使其去思考他们所汇集的规则与解释的局限，或其解释与潜在原理之间的关系。

梅热（Mazur，1997）对教师实施同伴教学所需要的策略规划与课堂实践提出了具体建议。他明确指出，设计好的任务和问题是一门艺术；特别是，任务必

514

须触及概念的核心，既不能太容易（或者是不需要讨论的），也不能太难（导致正确答案在全班人数上的分布不足）。梅热认为，技术的作用在于促进学生更深入、更充分地思考问题，从而能够对问题作出回答；其作用还在于通过使学生明白作为整体的班级拥有一系列不同的观点（正如学生回答的项目柱状图所反映的），从而使他们能够容易接受对自己提供的回答进行讨论。学生最初的思维是可视化的，既可以体现在他们对指导者问题的回答上，也可以通过他们提供给同伴的论点和解释来表现。

课堂交流系统也开始应用于 K－12 的环境中。哈特兰（Hartline，1997）描述了一位小学阅读教师的实践，这位教师应用课堂交流系统检查学生对阅读段落的理解。城内学校的五年级学生阅读课文段落后，教师让学生使用课堂交流系统回答有关段落的理解与推理问题。学生完成后，教师根据班级给出的第一个问题的回答绘制出项目柱状图，然后围绕概念问题展开讨论。如果学生的答案不同，教师就要求学生主动说出阅读文章时的“线索”，这些线索可用来解释或证明他们所选择的答案。当学生大声说出线索时，教师就将线索写在黑板上的答案旁边。然后让学生讨论哪些是最好的线索，为什么某组线索要比其他线索更具有说服力？经过讨论后，学生可以更改他们的答案，接着教师就绘制一个新的柱状图并开始另一轮讨论。

大学物理课和小学阅读课堂都证实了同伴教学策略的有效性。课堂交流系统通过提供这些诱发学生理解的方法，从而使丰富的课堂讨论得以发生。而这些课堂讨论是与最初理解相联系的，也是建立在其基础之上的（也见 Pea & Maldonado，本书）。尽管学生并没有将他们的体验视为测试，但他们确实具有形成性评价的所有特征。

评价设计的系统支持

在特定领域中基于认知研究所开发的形成性评价是一项资源密集的活动。我们怎样才能开发出像这里所描述的足够多种类的认知形成性评价，从而对 K－12 教育有一个重要的影响呢？幸运的是，伴随认知研究与评价理论的发展，技术具有支持形成性评价的潜力，这些形成性评价具有认知诊断价值（Pellegrino，Chudowsky，& Glaser，2001）。正在进行的“探究成绩评价设计”项目（Performance Assessment Design for Inquiry，PADI）（此项目由吉诺瓦·黑特尔和鲍勃·麦斯雷弗领导）试图促进认知科学和心理测量学模式的共同进步。认知科学为学生在特定内容领域如何进行推理提供了见解；相比传统的心理测量学模式，当前的心理测量学模式能够处理更复杂、更多样化的类目。PADI 正在实施一项以证据为中心的设计程序（Mislevy，Steinborg et al.，2003），在这项设计程序中，系统化地创建了评价类目：首先是在评价方面表现优秀的**学生模型**，接着转向**任务**

模型和证据模型。任务模型详细说明了展现给学习者的评价情境；证据模型具体指明了支撑推论（这些推论可以从任务表现的各种可能元素中获得）所需要的证据。**设计模式**的开发就应用了这个方法，此设计模式的特点就是把中学科学课程的共同学习目标（例如，使用数据支持科学争论，设计与实施科学实验，评价科学数据的质量）罗列在一个叙述表中，这个表展示了一个逻辑链，逻辑链将人们期望的学生思维方面的结论与观察到学生的行为联系起来，这些行为支持或反驳有关学生思维方面的结论以及形成那些行为的情境。

515

使用基于 PADI 工具的计算机，评价开发者有一个展示逻辑线索的结构，逻辑线索指的是通过特定学生对评价任务的反应而推断出该学生的理解水平和技能。这种设计模式为更多的技术说明打下了基础，特定评价的设计需要技术说明（Misley，Hamel et al.，2003）。该设计模式已应用到不同的科学领域（例如遗传学、化学与物理领域）；目前，科学课程发展项目也正在使用 PADI 设计模式，这个项目是在密歇根大学、加利福尼亚大学以及伯克利劳伦斯科学会堂进行的。由于基于 PADI 框架的评价是围绕优秀任务表现的认知模式而设计的，因此，它们可以用于支持形成性评价与终结性评价的实践，同时教师可以利用评价结果来推论学生的思考能力，以及学生所需的具体学习机会类型。

这两个视角能共存吗?

本章描述了两种截然不同的视角下技术支持的评价。这两种视角都提倡频繁地进行评价，并在教学与评价之间建立更紧密的联系。但是，关于好的评价所具有的属性，以及教师与学生应从评价活动中学到什么，这两种视角具有完全不同的观点。第一种视角的本质是使标准驱动的绩效制系统成为日常课堂活动——实践测试的一部分，测试的那些精确细微的方面是个体学生很可能在期末测试（以绩效为目的）中表现糟糕的地方，这样也可以使课堂教学关注那些话题或技巧。第二种视角源于对理解学生引入到课堂中的前概念和问题解决策略的关注。此理念认为教师不仅要重视学生对内容的掌握，而且要重视学生的前概念和问题解决策略，从而为学生的思考带来深刻而持久的变化。

这两种视角反映出截然不同的学习理论。前者与大规模的测试紧密相联系，也继承了测试同区分不同成绩或“潜力”水平的学生的目标之间的关系，同时也反映了行为主义学习理论（Shepard，2000）。后者则源自现代学习科学理念（Bransford，Braon & Cocking，1999）以及理解人类心智表现的目标。有趣的是，这两种视角的支持者都借用了对方的某些关于形成性评价的论据及术语，但是两者在本质上是完全不同的。

仍然存在的两个问题：

- 这两种视角确实是相互冲突的吗?

- 其中一种或两种都具有变革学校的潜力吗?

这两种视角没有必要相互排斥。一个既定的课堂可以在不同的时间实践这两类技术支持的评价。采用一种方法并不排除另一种方法的使用，事实上，两者可以分享同一技术框架。但是即便如此，课堂总是面临这样的问题：是涵盖少量但重要的深层概念还是涵盖大量的内容但每个主题所拥有的时间则很少？这两种视角应该权衡宽度与广度这两个不同方面？人们从关注点方面总结了这种权衡的特点：适应学校绩效责任制的评价实践应倾向于把教和学的重点放在对州或学区测试所涵盖的内容上；这种倾向会产生积极还是消极的结果，实践者、研究者与一般的公众对此看法不同。学校系统与课堂教师的每种组合都将不同程度地解决这种权衡。

这两个视角也暗示了教师的某些不同角色。以绩效责任为导向的评价为教师提供了一套为预测与国家或学区标准相关的成绩而设计数据。但是教师从这些评价中得到的数据，很明显，反映的只是过于笼统的总体水平，以致无法为焦点主题之外的问题提供指导性的见解（例如，在分数上投入更多的时间）。由于评价与标准相联系而不是与学生思维相联系，因此很自然就产生了上述情况。相比之下，学习科学的方法试图深刻地理解学生实际上是如何思索那些被评价的领域。以认知为导向的形成性评价在关注指导起点方面为教师提供了更多信息，但是并未告诉教师如何帮助学生从这个起点开始达到更加完整的理解。然后，两种形成性评价路径都依赖于教师将大量的教学法知识引入到设计教学的任务中，以此支持学生进一步的学习（Shulman，1987）。

至于巨大变革的潜力，这两种视角的前景很不一样。技术支撑的强调绩效责任的课堂评价越来越具有现实性。许多地区正在购买或者考虑购买这些系统，它们能将课堂测试与更大的学生信息系统整合起来。一位市场分析家（Dyson，2004）估计，这个系统销售额已经达到了 64 500 万美元，并且还在不断增长。由于与学生的数据系统相联系，这些评价系统除了可以为教师尽早地提供有关学生需求方面的反馈信息（即学生若要达到州标准，在哪些方面还需要更多的指导），还可以为更高水平的教育系统管理者提供更加详细的、可检测的信息（U. S. Department of Education，2004）。校长或学区课程专家可以指导教师花额外的时间用于讲授分数，或强调拼写。为此，处于更高水平的教育系统中的个人正在推动这些基于计算机的评价的使用。广泛实施这些系统才刚刚开始。我们知道很多学区正在购买这套系统，但是我们不知道教师与他们的学生是如何使用这套系统的评价特性以及达到何种程度。到这个程度，即采用与绩效责任相关的评价系统的学区在分数方面获得了提升时，这种趋势可能会获得动力。

另一种视角（认知诊断视角下技术支持的评价），想对教育有真正的作用则需要更长久的验证。正如许多研究者所提出的（Bransford，Brown & Cocking，1999；Pellegrino，Chudowsky，& Glaser，2001；Shepard，2000），这个视角有可

能使评价与教学实践之间的区别变得模糊不清。这一点强有力地吸引了学习科学研究共同体以及一些教师。然而，相比制订将阅读与数学测试标准化的实践版来说，制订基于研究的认知诊断性评价的挑战要大得多。没有商业利益与政策命令（这些推动了以绩效责任为导向的课堂评价系统的发展），这些基于研究的系统在推广使用方面面临着更多的障碍。而且，这些方法在以下方面对教师的专业技能提出了更高的需求：这种专业技能不仅涉及他们所教的学科，也涉及那些内容领域的学生的思考方式及问题解决方式。如果这种方法中的根本理论是正确的，那么具有认知诊断性的形成性评价的教学应该产生更加持久的学习，这些学习也更可能存在于新的学习或者新的问题解决情境之中（Bransford, Schwartz, 1999）。证明这些优势的研究可以有效地成为一个重要推动力，以促进技术支持的认知诊断性评价为人们所接受。

致谢

517

我感谢学习技术中心（Center for Technology in Learning）的同事吉诺瓦·黑特尔（Geneva Haertel）和比尔·潘纽（Bill Penuel）对初稿所提的建议与意见。

参考文献

Bass, K. M., & Glaser, R. (2004). *Developing assessments to inform teaching and learning.* CSE Report 628. Los Angeles: National Center for Research on Evaluation Standards, and Student Testing, University of California, Los Angeles.

Bennett, R. E. (2002). Inexorable and inevitable: The continuing story of technology and assessment. *Journal of Technology, Learning, and Assessment*, 1 (1). Available from http://www.jtla.org, accessed November 22, 2005.

Black, P., & Harrison, C. (2001). Feedback in questioning and marking: The science teacher's role in formative assessment. *School Science Review*, 82 (301), 55-61.

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment and Education*, 5 (1), 7-74.

Bloom, B. S. (1976). *Human characteristics and school learning.* New York: McGraw-Hill.

Borja, R. R. (2003). Prepping for the big test. *Technology Counts* 2003, 22 (35), 23-24, 26.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (1999). *How people learn: Brain, mind, and experience.* Washington, DC: National Academy Press.

Bransford, J. D., & Schwartz, D. L. (1999). Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications. In A. Iran-Nejad & P. D. Pearson (Eds.), *Review of research in education* (Vol. 24, pp. 61-100). Washington, DC: American Educational Research Association.

Carmazza, A., McCloskey, M., & Green. B. (1981). Naïve beliefs in "sophisticated" subjects: Misconceptions about trajectories of objects. *Cognition*, 9, 117-123.

CEO Forum on Education and Technology. (2001). *School technology and readiness—Key building blocks for achievement in the 21st century: Assessment, alignment, access, analysis.* Available at www.ceoforum.org/downloads/ report4.pdf, accessed November 22, 2005.

Champagne, A. B., Klopfer, L. E., & Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 8, 1074 - 1075.

Chi, M. T. H., & Slotta, J. D. (1993). Ontological coherence of intuitive physics. *Cognition and Instruction*, 10 (2&3), 249 - 260.

CoSN (Consortium for School Networking). (2005). *From vision to action: How school districts use data to improve performance.* Washington, DC: Author.

518 Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *The Physics Teacher*, 69, 970 - 977.

Donovan, M. S., & Bransford, J. D. (2005). *How students learn history, mathematics, and science in the classroom.* Washington, DC: National Academy Press.

Donovan, M. S., Bransford, J. D., & Pellegrino, J. W. (1999). *How people learn: Bridging research and practice.* Washington, DC: National Academy Press.

Dyson, E. (2004, October). Held back: The market for software in our schools. *Release* 1.0. *Esther Dyson's Monthly Report.* Available at http://www, release1 - 0. com, accessed November 22, 2005.

Education Week. (2003). Pencils down: Technology's answer to testing. *Technology Counts* 2003, 22 (35), 8, 10.

Excelsior Software. (2004, September). Advertisement for Pinnacle Plus Assessment Management System. *eSchool News*, p. 31.

Fagen, A. P., Crouch, C. H., & Mazur, E. (2002). Peer instruction: Results from a range of classrooms. *The Physics Teacher*, 40, 206 - 207.

Frederiksen, J. R., & Collins, A. (1989). A systems approach to educational testing. *Educational Researcher*, 18, 27 - 32.

Griffin, S., & Case, R. (1997). Re-thinking the primary school math curriculum: An approach based on cognitive science. *Issues in Education*, 3 (1), 1 - 49.

Hartline, F. (1997). *Analysis of 1st semester of Classtalk use at McIntosh Elementary School.* Yorktown, VA: Better Education.

Keller, J. M. (1983). Motivational design of instruction. In C. Reigeluth (Ed.), *Instructionaldesign theories and models: An overview of their current status.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Koch, M., & Sackman, M. (2004). Assessment in the palm of your hand. *Science and Children*, 33 (9), 33 - 37.

Mazur, E. (1997). *Peer instruction: A user's manual.* Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

McCloskey, M. (1983). Naïve theories of motion. In D. Genuner & A. I. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 299 - 324). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

McCloskey, M., & Kohl, D. (1983). Naïve physics: The curvilinear impetus principle and its role

in interactions with moving objects. *Journal of Experimental Psychology Learning, Memory, and Cognition*, 9, 146 – 156.

McTighe, J., & Seif, E. (2003). *A summary of underlying theory and research base for understanding by design.* Unpublished manuscript.

Means, B., Roschelle, J., Penuel, W., Sabelli, N., & Haertel, G. (2004). Technology's contribution to teaching and policy: Efficiency, standardization, or transformation? In R. E. Floden (Ed.), *Review of Research in Education* (Vol. 27, pp. 159 – 181). Washington, DC: American Educational Research Association.

Milken Family Foundation. (1999). *Transforming learning through technology: Policy roadmaps for the nation's governors.* Santa Monica, CA: Author.

Minstrell, J. (1999). Facets of student understanding and assessment development. In J. W. Pellegrino, L. R. Jones, & K. Mitchell (Eds.), *Grading the nation's report card: Research from the evaluation of NAEP.* Washington, DC: National Academy Press.

Mislevy, R. J., Hamel, L., Fried, R., Gaffney, T., Haertel, G., Halter, A., et al. (2003). *Design patterns for assessing science inquiry.* PADI Technical Report 1. Menlo Park, CA: SRI International.

Mislevy, R. J., Steinberg, L. S., Almond, R. G., Haertel, G. D., & Penuel, W. (2003). Improving educational assessment. In G. D. Haertel & B. Means (Eds.), *Evaluating educational technology: Effective research designs for improving learning* (pp. 149 – 180). New York: Teachers College Press.

National Center for Education Statistics (NCES), U. S. Department of Education. (2003). *Internet access in U. S. public schools and classrooms*, 1994 – 2002. Washington, DC: Author.

National Research Council (2001). *Classroom Assessment and the National Science Education Standards.* Washington, DC: National Academy Press.

Office of Technology Assessment, U. S. Congress. (1995). *Education and Technology: Future Visions.* OTA-BP-HER-169. Washington, DC: U. S. Government Printing Office.

Olson, L. (2003). Legal twists, digital turns. *Technology Counts* 2003, 22 (35), 11 – 14, 16.

Pearson Education. (2005, February). Advertisement for Progress Assessment Series. *ESchool News*, p. 9.

Pellegrino, J. W., Chudowsky, N., & Glaser, R. (Eds.) (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment.* Washington, DC: National Academy Press.

Sadler, P. M. (1987). Alternative conceptions in astronomy. In J. D. Novak (Ed.), *Second international seminar on misconception and educational strategies in science and mathematics* (Vol. 3, pp. 422 – 425). Ithaca, NY: Cornell University Press.

Sadler, P. M. (1998). Psychometric models of student conceptions in science: Reconciling qualitative studies and distractor-driven assessment instruments. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (3), 265 – 296.

Schmidt, W. H., Raizen, S., Britton, E. D., Bianchi, L. J., & Wolfe, R. G. (1997). *Many visions, many aims: Volume II: A cross-national investigation of curricular intentions in school sci-*

ence. London: Kluwer.

Schofield, J. W., Eurich-Fulcer, R., & Britt, C. L. (1994). Teachers, computer tutors, and teaching: The artificially intelligent tutor as an agent of classroom change. *American Educational Research Journal*, 31 (3), 579 – 607.

Shepard, L. (1997). *Insights gained from a classroom-based assessment project*. CSE Technical Report 451. Los Angeles, CA: National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing.

Shepard, L. A. (2000). The role of assessment in a learning culture. Presidential address at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, April 26. Available at aera. net/pubs/er/arts/29 – 07/shepo2. htm.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Education Review*, 57, 1 – 22.

Stevens, R., Soller, A., Cooper, M., and Sprang, M. (2004). Modeling the development of problem solving skills in chemistry with a webbased tutor. In Lester, J. C., Vicari, R. M., & Paraguaca, F. (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems*. (pp. 580 – 591). Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.

Underdahl, J., Palacio-Cayetano, J., & Stevens, R. (2001). Practice makes perfect: Assessing and enhancing knowledge and problem solving skills with IMMEX software. *Learning and Leading with Technology*, 28, 26 – 31.

U. S. Department of Education, Office of Educational Technology. (2004). *Toward a new golden age in american education: How the internet, the law and today's students are revolutionizing expectations*. Washington, DC: U. S. Department of Education.

Vendlinski, T., & Stevens, R. (2000). The use of artificial neural nets (ANN) to help evaluate student problem-solving strategies. In B. Fishman & S. O'Connor-Divelbiss (Eds.), *Proceedings of the fourth international conference of the learning sciences* (pp. 108 – 114). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

White, B., & Frederiksen, J. (2000). Metacognitive facilitation: An approach to making scientific inquiry accessible to all. In J. Minstrell and E. van Zee (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*. (pp. 331 – 370). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

第31章

学校中互联网的使用

——问题与前景

521

珍妮特·沃德·斯科菲尔德

美国学校经常被隐喻为稳固的堡垒，与20世纪初相比，现在的学校体制没有发生太大改变，而具有讽刺意味的是，20世纪学校的使命就是使学生成为21世纪中更有效率的人（Molenda，1992）。然而，在过去的25年中，学校至少以一种方式发生了很大变化。特别是在20世纪80年代，美国以及许多其他发达国家的学区，开始大量购买计算机用于教育，在90年代中期呈现出迅速地将教室与互联网连接起来的趋势。进而，许多学区采用计算机技术，其特定目标就是以提高教育的方式改变学生的教育经历。

本章在探讨为了教学而将互联网引入学校的基础上，探讨网络改善教育的潜力与完全发挥这些潜力的推进因素。本章主要讲述互联网的使用而不是一般的计算机技术的使用，因为不同种类的计算机使用具有不同的变革教育的潜力（Levin & Bruce，2003；Means，1994；Salomon，1993），为了发挥这些潜力，它们会遇到不同的阻碍。例如，认知导师（cognitive tutor）专门帮助学生学习特定的认知技能。认知导师成功与否，主要通过学生们能否更快更好地学习专门的主题来衡量，认知导师在单机的个人计算机上运行（Anderson et al.，1995；Koedinger & Corbett，本书）。相反，互联网的使用通常倾向于帮助学生收集信息或者与他人沟通。在这种情况下，成功与否取决于能否查到适量适合的信息，或者沟通能否促进未来教学目标的达成。此外，互联网可以提供校外信息，方便了校外沟通，这会引发一系列重要问题，这些问题是使用类似认知导师这样的独立软件时所不存在的。

互联网变革教育的潜力

522

许多人认为互联网在变革教育方面有很大潜力。马姆贝雷迪（Mambretti，1999，p.17）等人认为网络是“一种革命性的技术……必定会改变社会的方方

面面，特别是教育系统"，并确信互联网的使用不仅可以丰富目前的教和学的方式，而且能从本质上改变教育系统。

的确，互联网有潜力挑战将学校看成师生面对面交互的物理场所的观念（Berman & Tinker，2000；Bushweller，2002；Orange & Hobbs，2000；Trotter，2000；Virtual Schools Forum Report，2002；Zehr，1997；Zucker et al.，2003）。例如，美国的一些州有虚拟学校，使得民众接受远程教育的机会在过去的10年间有很大的提高。互联网似乎也可能激发面向家庭教育的趋势，因为网络可以提供便捷的途径来获取大量的教学资源，这是在家里使用其他方法所获取不到的。此外，事实上一些学区已经开始用可以联网的便携式个人电脑来替换课本（需要花费很长时间来围绕这些课本组织大量的课堂活动），这样将学生与老师、同伴、信息资源联结起来。这样的事实突出了互联网改变我们教育系统主要结构的潜能（也见Sawyer的结论，本书）。

然而，学校作为物理场所似乎不太可能消失，至少不会很快消失。而且，学校是否需要消失还争执不决。因此，在可预见的未来，网络促进K-12教育的主要潜力，取决于教育机构如何充分利用互联网提供的独特优势。互联网整合了计算机和远程沟通的功能，极大地促进了信息的获取以及与他人和小组的沟通。然而，仅仅获取信息和联系他人，就其本身及其内部而言，并不能直接促进教育。决定互联网的接入能否促进学生教育的关键问题是，这种连接如何用于改变他们的教育经历。

重要的是，互联网的使用在促进教育变革方面有很大的潜力，当前的学习科学理论与研究也都表明如此。这些理论认为，互联网对促进教育变革非常重要，包括以下方面：

- 围绕真实世界的问题和项目来组织主动活动，而不是围绕与预设主题相关的被动的信息接受方式来组织学习（Krajcik & Blumenfeld，本书；Savin-Baden，2000）。
- 将更真实的学习经验提供给学生（Means，1994；Shaffer & Resnick，1999）。
- 利用结构良好的协作学习来促进学习（Scardamalia & Bereiter，本书）。
- 给学生更多的自由来探究个人感兴趣的或者认为重要的课题（Shaffer & Resnick，1999）。

互联网提供的特有功能似乎能够促进这些变革，贝克尔（Becker，1998）的研究描述了互联网使用与教师之间的关系，这种关系改变着教师的实践，使其朝着建构主义方式发展（例如，使学生们参与长期而复杂的项目，给学生更多的机会来考虑任务和完成任务所需的资源，等等），虽然这些数据仅仅是有所关联。因为互联网整合了计算和远程沟通的功能，具有更大的潜力鼓励并支持在真实世界情境中基于项目的真实学习：它促进经验联系、信息获取、与项目伙伴沟

523

通，这在学校限制中是不可能的。互联网还可以通向虚拟世界，让学生积极地探索真实世界中可能是危险、耗时、昂贵或是难以探索的事情。由于互联网的普及以及其沟通的迅捷，许多人已致力于利用这些特征为学生创造协作的机会，开创了许多通过协作工作来学习的机会，这通过其他方法是不可能的。此外，互联网提供了大量的信息、经验和沟通的机会，使得学生按照自己的兴趣学习不同的学科领域成为可能，这是在学校围墙内很难或者不可能实现的事情。最后，互联网使用也似乎经常引起学校与课堂的注意，使学校角色与学校关系发生转变，向提高学生的自主性方向转变，原因有多种因素，包括有更多学生获取外部资源，教师和学生之间常识性知识差异的扭转。在大量的案例中，学生对互联网的了解比教师更多（Schofield & Davidson，2002）。

在 5 个洲 28 个国家进行的创新技术使用的跨国研究，证实了互联网的使用如何以引领上述各种变革的方式来实现其提高学习的潜力（Anderson，2003）。例如，以色列的学生从事一个以信息为特征、关于学校盐碱地的重大网络发展项目。他们向着这个目标努力，与约旦的学生协作，年龄大一些的学生要负责网站开发的大量工作，因而要接受具体的技术培训，而其他学生要负责收集项目所需的各种类型的资料以发布到网站上。这个项目体现了许多上述变革。在提供和发布便于他人利用的本地相关信息的过程中，学生参与了真实世界中基于项目的活动。通过这样做，使他们得以与他国的学生们协作，这是以前不可能发生的。另外，要成功完成这个项目，还需要一系列的技术技巧和提供各种要发布的产品，这为学生们提供了以一定方式发展他们不同技能与兴趣的机会，这在他们学习同样的预先制定的课程材料时是没有的，在传统课堂中它们只以实例的形式出现。

有许多其他真实有效的案例，表明互联网能促进学习科学认为有用的学习经验。例如，在全球项目（GLOBE program）与全球实验课程项目（Global Lab Curriculum project）中，来自世界各地的学生从他们当地环境中收集数据，进而充实科学家使用的数据库，学生利用这一方式来学习科学，同时还通过与这些科学家互动进行学习（Roschelle et al.，2000；Songer，1998）。本书的一些章节（Bruckman；Fishman & Davis；Scardamalia & Bereiter；Stahl，Koschman，& Suthers）以及其他地方（Jonassen & Howland，2003）也有大量的相关讨论。然而，正如我们后面要讨论的，约束互联网使用的障碍与局限性也在增加，导致互联网促进学生学习的潜力没有实现。

在教学中使用互联网的现状

有关为了教学目的而使用互联网的研究中，可以看到三个显而易见的现象。第一，在许多国家为了教育目的而接入互联网的现象很普遍，并且发展迅速。第二，不管互联网在学校中的普及如何广泛，学生经常不是像人们所预期的为了教

育目的而使用互联网。第三，虽然有许多案例证明以学习科学研究建议的方式使用互联网可能是有成效的，但它更多的是以普通的方式在使用，没有完全发挥在提升教育价值方面的潜力。在转向讨论为什么是这样之前，我简单讨论这三点主张的证据。

524

学校中互联网接入的快速增长

许多国家的学校互联网接入迅速普及。例如，一项在 14 个国家（主要是欧洲国家）进行的研究发现，在 2000 年，94% 的中学二年级学生入学时可以使用网络，而相比之下 1995 年仅为 24%（OECD，2003，Table D3.1）。类似地，2002 年美国 99% 的公立学校与网络连接，而 1994 年仅为 35%（NCES，2004）。同期，接入互联网的教室由 3% 增加到 92%（NCES，2004）。诚然，到 2002 年，公立学校中学生和可以接入互联网的计算机的比率还不到 5:1，而这个比率在为大部分孩子服务的学校和为少数富人孩子服务的学校之间的差异相当小（NCES，2004）。当然，学校接入互联网不是高度发展的西方国家的特权。其他许多国家和地区，如韩国、泰国、中国香港和中国台北，也有大量的互联网接口（OECD，2003；Pelgrum & Anderson，2001）。

学校对互联网使用的限制

虽然出于教育目的接入互联网在许多国家越来越普遍，网络几乎无所不在，然而学生们的使用似乎并没有预期的那么频繁。例如，萨斯（Süss，2001）发现，欧洲超过 4 000 多名使用计算机的在校学生中，只有 13% 的学生自述使用了互联网，尽管在当时萨斯的研究中，欧洲学校连入互联网的比例很大。相似的是，美国的一个大规模的全国性调查（Becker，1999）显示只有大约 1/4 的教师有着能够方便地接入互联网的条件（例如良好的教育背景、便捷的互联网接口、校方对技术使用的支持以及一些计算机专家），与学生一起利用互联网进行跨校协作或者将学生的作品发布到互联网上面。没有这些条件的教师极不可能会利用互联网来进行这样的教学。

一项最近的研究选取的研究对象是自认为具有高水平互联网使用能力的学生，包括在家里使用。研究发现，这些学生感觉在学校想要有效地使用互联网会遇到大量的困难（Levin & Arafeh，2002）。这个发现与大量案例研究及质的研究一致，也与在学校中工作的人的报告一致。例如，有一项对小鬼网络（Kids Network）实施的研究（小鬼网络是一个为四至六年级学生设计的创新的课程，让学生参与到科学问题里，使用远程沟通方式与其他做着类似工作的学生进行协作）发现，学生自身很少使用远程沟通工具，这与设计者的意图相反（Karlan，

Huberman, & Middlebrook, 1997)。而且，当参与的学生不在课堂时，他们的老师反而在课前或课后经常使用这些工具。洛夫和麦克维伊（Love & McVey, 2000, p. 1）报告说，职前教育课程中的学生们发现“与他们一起工作的有经验的教师没有将使用互联网作为他们课堂教学的一部分”。

边缘性与缺乏想象是许多学生使用互联网的实际状况

虽然互联网似乎具有促进学习的巨大潜力，但是，当互联网在课堂的使用呈边缘性的时候，这种潜力不大可能会被意识到。导致互联网使用的边缘性，至少有两个重要的因素——较少使用互联网或互联网没有致力于培养重要的和有价值的教育成果的活动。看起来有理由相信，互联网的使用所带来的影响像许多教学活动一样，如果学生只是简单参与活动的话，很可能会受到限制，当然，这条规则无疑会存在一些重要的例外。基于项目的协作活动——它们可以出色发挥互联网的潜力来提升学生的学习——常常需要长时间频繁的交互。这些因素在很大程度上限制了互联网的使用并削弱了它的潜力。

525

然而，分配给一个活动的时间并不决定该活动在课堂中是关键性的还是边缘性的。第二个决定互联网是否关键的因素是活动与实现重要学习目标的相关程度。与教师或学校的核心目标似乎不相关的活动是边缘性的，它们可能不被认为与其他活动一样重要，正如普遍观察所提出的，现在高度标准化的测试使教师们经常强烈感到被迫为测试而教。

课堂中学生们使用互联网经常是相当边缘性的（Cuban, 2001）。例如，斯科菲尔德和戴维森（Schofield & Davidson, 2004）对一个大城市里的多个学区中的许多学校推动使用互联网的项目进行了研究，结果发现，互联网的使用一般被认为是一项丰富的活动，而不是一种完成核心课程目标的方式，甚至在一些给教师提供实质支持以整合互联网使用与课堂活动的环境中依然如此。与之一致的是，赵和弗兰克（Zhao & Frank, 2003）认为，根据美国在教育技术方面花费较大的四所学校的教师报告，学生使用互联网的最普遍目的是对完成工作或者达到其他课堂管理目标的一种奖励。

有趣的是，教师对互联网的使用比学生似乎更加普遍。根据赵与弗兰克（Zhao & Frank, 2003）的调查，即使有差不多 60% 的教师报告说是每周或者每天都使用互联网（例如使用互联网下载资源），也只有不到 15% 的教师报告说每周或者每天使用计算机来查看学生情况（例如搜索数据库），只有不到 8% 的教师报告说学生每周或者更频繁地使用互联网来联系其他学生，而学生使用互联网来联系其他学生是学习科学里面倡导的很具有价值的多种协作活动中的中心活动。

毫无疑问，互联网能够成为学校有价值的资源，即使它相对于学生自己的课

堂活动是边缘性的。网络能够给教师们提供特别的备课资源，也能够提供大量的专业发展机会（Schofield & Davidson，2002）。此外，教育者已经开始使用网络增加与父母及学校所处的更大社区的交流，尽管这些活动不如其他活动普遍（Kozma，2003）。然而，当前在很多学校学生与联网计算机的比例很低。决策者、技术投入决策者、家长或社会团体预想到了学生和教师对互联网的使用情况，他们通过“网络日”（Net Days）或其他方法将学校接入互联网。但是，无论互联网如何提供专业发展经历或者与更大社群进行沟通，离开了学生对互联网的使用，互联网就不能发挥促进教育的全部潜力。

除了边缘性，学生使用互联网还经常是很平淡的，我的意思是经常以简单和明显的方式使用互联网对于改变学生学习经历的本质变化很小。例如，一项学生使用网络情况调查发现，学生们抱怨网络作业像传统的课堂活动一样死板，例如填写工作表，他们认为在学校中基于互联网的任务质量很低（Levin & Arafeh，2002）。与没有使用网络的简单活动相比，没有理由预期这种缺乏想象的使用能显著促进学生的学习。有趣的是，与这个主张一致的是，最近一项对大约6 000名加拿大学生的调查（Environics Research Group，2001）发现，不到1/4的学生认为网络对他们最大的益处是对学业的帮助。更加普遍的吸引人的地方是它的社会益处（36%）、便捷（31%）和娱乐价值（27%）。确实，另一项研究总结道，“老师们觉得自己的能力发生了巨大的变化，可以驾驭技术的力量来为学生创造激动人心的、吸引人的并具有挑战性的学习经历，相反，学生自身只看到课堂教学的很少的变化”（Power to Teach，2003，p. 1）。

为什么学生使用互联网常常会相对受限而不能充分发挥互联网的教育潜力？

某种程度上，限制学生在校使用网络和普遍地使用网络的因素类似于限制他们在校使用各种计算机的因素。其中最重要的限制因素是缺少充分的或者可依靠的技术基础设施；缺少足够的技术培训与对教师的支持；缺乏集中辅助教师了解如何使用技术来达到他们课程目的的专业提升；缺乏给予教师足够的培训时间来提升技术技能；也缺乏普通课堂和学校结构、活动——例如整节课的结构和相对短的课堂时间段——之间的协调，这些活动需要学生好好利用这些技术（Schofield & Davidson，2002；Schofield，出版中；Zhao et al.，2002）。

虽然在过去的20年中，这些领域已经取得了相当大的进步，但是这些问题仍然阻碍许多学校有效使用计算机技术。例如，虽然发达国家在计算机技术方面投资巨大，但是，对于有效利用技术，这些国家依然存在缺少足够的教师培训这个大问题（Ansell & Park，2003；Pelgrum & Anderson，2001）。

网络是通向校外世界的大门

还有其他因素影响着学生在学校中使用互联网的数量和特征，学生在学校中使用互联网对于互联网使用来说是独一无二的，至少也是明显的。能够联结学校与学校围墙外面的世界，这个潜力常被认为是互联网的主要价值（Cummins & Sayers，1995；Garner & Gillingham，1996；Koizumi et al.，2000；Starkey，1998）。正如前面提到的，互联网的这种能力给人们提供了一系列与众不同的具有潜力的、有用的教育可能性。然而，它也提出了一些严重的问题，阻碍学生对互联网的使用，使得互联网朝向一条很难发挥自身潜力的道路。

关注互联网有限使用中的可利用信息的本质特征

网络提供通向海量信息的入口。网络信息比最好的学校图书馆曾经希望提供的信息更加多样化，更加新颖（Pelgrum & Anderson，2001）。教师们看重这点，当问及使用计算机的主要目的时，他们提及收集信息和观点的频率比其他任何目的更频繁（Becker，2000）。然而，学生是否在完成传统课堂任务时使用互联网，例如准备研究论文，或者在互联网擅长的更加复杂多样的协作背景下和真实世界的项目中使用互联网，如网络帮助、学区，学校和教师常常担心学生会通过互联网获取一些教师或者其他社区成员认为不适合的资源，特别是涉及性或者暴力的资源（Thornburgh & Lin，2002）。如果学生获取了一些有异议的资源，当这些资源可能是明显与性相关的信息或者与自杀和炸弹制造相关的信息时，这种担心有时会因为法律责任而加深（Schofield & Davidson，2002）。因此，许多教师不让学生特别是年龄小的学生使用互联网，除非有大人在场看着他们的所作所为。因为许多课堂中都有少量的计算机在教室后面，教师一边要教其他学生，一边要监督使用互联网的小部分学生，这样对于教师是很难的，那种担心就大大削减了互联网的使用（Schofield & Davidson，2002）。

527

除了限制网络的使用，对学生通过互联网获得的信息种类的担心也限制了学生在使用互联网时允许获得的信息，这样至少削弱了互联网的教育价值，也缩小了学生发展个人兴趣的范围。最明显的例子是使用过滤器将与性、暴力及其他有争议的主题相关的信息拒之门外，在美国，大约 90% 的学区采用了这一做法（National School Boards Foundation，2002）。很多被过滤器过滤掉的信息不确定是否有教育价值，有些可能确实是有害的。然而，当依据过滤的数量与种类作出合理决定的时候，教育组织机构维持公众支持和避免政治问题的需要常常高于学生的教学需要（Thornburgh & Lin，2002）。毫无疑问，学生常常抱怨对他们有正当学习需求而获取互联网资源的阻碍，指出被阻过滤的资源多于理论上可能获得的

资源（Levin & Arafeh，2002；Thornburgh & Lin，2002）。

源于对在互联网上获得的资源的担心，很多其他做法也严重阻碍了学生更高效使用互联网的能力。例如，斯科菲尔德和戴维森（2002）研究了大量城市学区，发现一些教师只允许学生访问预先批准的网站，这种做法极大减少了学生可利用的资源，也削减了与互联网相关的多种技能的发展。研究还发现，有时学生在学校图书馆里不允许使用互联网，除非图书馆人员批准了学生申请使用的链接，这个过程很明显阻碍了学生的搜索，限制了学生在搜索术语上比较最初的搜索结果，作出有用的改变。这些做法或者类似的做法是普遍的，正如美国48%学区的报告建议的那样，对在线交流进行某种限制，除了信息过滤，还涉及处理治安、隐私和安全的问题（National School Boards Foundation，2002）。

关注互联网对学生与校外人员互动的促进

网络具有将学生与学校外的世界联系起来的潜力，网络最受欢迎的优点是它可以让学生与其他一些不可能或者不大可能会联系到的人进行交互。在一项对美国教师的大规模调查中，虽然不到10%的美国教师将电子交流看作计算机使用的一个基本目标（Becker，2000），许多教师确实让他们的学生与其他人交流，即使仅仅停留于电子笔友交流的程度上。另一些教师让学生参与到更加复杂的沟通以及本书中其他章节提到的在互联网上进行的协作活动中（Bruckman，本书；Scardamalia & Bereiter，本书；Andriessen，本书）。

528

然而，网络作为与他人交流的工具，有着内在风险，这限制并决定了它在学校的使用。特别是，学生可以通过互联网与一些他们不认识的人进行交互，这一事实带来的对学生安全的担忧限制了互联网在多种途径上的使用（Lankshear，Snyder，& Green，2000，Süss，2001）。例如，在一个学区，一些小学教师监控所有学生发出的电子邮件，部分原因是要确保学生没有泄露个人信息（例如他们的家庭地址），这样，如果与学生联系的人有意图利用或者想伤害学生时，可以保证学生安全（Schofield & Davidson，2002）。这样降低了消息交换的速度。很明显，网速实际上经常被视为使用网络通信最重要的优势。而且，这种做法为电子邮件项目制造了障碍，因为监控给教师带来很大的工作量。监控学生电子邮件常常也允许教师控制邮件的内容，即使主要不是安全的考虑，他们偶尔也会这样做。例如在一个促进邻近社区的美国白人小学生与非裔小学生的相互理解的活动中，一位老师改变了电子邮件的部分内容。一个学生向另外一个小学生发出看电影的邀请，在学生不知情的情况下，这封邮件被改为讲述如果一起聚会该如何好，原因是老师担心家长可能会反对外出的请求。

“学生网页”开发项目提供了一个公共平台，学生们能够用来传递想法与作品，也得到广泛的反馈。这些项目可以给学生提供一项真实世界的任务，学习科

学认为这种真实世界的任务可以提供卓越的学习机会。然而，当学生传递的资料与学校公开的希望被传递的资料不一致时，人们考虑到由谁来监控学生的通信，这些也产生了冲突，同时这让老师担心如何来规范通信的内容。例如，学生们在网站上对学校或者学校职员的批评，可能引起学校与员工的尴尬，尽管这些批评是有理有据的。因此，教师可能坚持查看并批准这些帖子，并且要求学生删除对学校及教师批评的材料或者他们认为不合适的材料（Schofield & Davidson，2002）。当然，学校对学生作品散播的控制也不是互联网特有的。传统上，教师有权力选择挂在教室墙上的资料，教员顾问则批准年鉴材料、学生新闻以及类似的材料，等等。然而，通过网络产生的公众影响力是很大的，网络接受的规范甚至鼓励“欺骗”。因此，涉及互联网的活动很可能提出控制学生通信的议题，这个问题特别重要。这就导致了一种趋势，就是创造机制来限制或者控制这种通信，甚至导致禁止基于网络的活动。

阻碍网络协作项目的后勤问题与其他问题

互联网具有将学生与校外世界联系起来的潜力，不仅建立了通过网页、电子邮件或其他机制与读者进行沟通的平台，也给学生与其他人协作提供了条件，协作对象可以是其他地区的同学与导师，也可以是正在做着相关研究的科学家。然而，这种使用互联网的方式是相当受限制的，尽管它们具有吸引人的潜力，部分原因可能是学会与他人协作在教师与计算机使用的相关目标中并不重要（Becker，2001；Hunter，2002）。确实，一项大规模关于技术与教育变革的跨国研究总结到，“我们看到很少有教师和学生与教室外的其他人联系和协作的例子……很少有涉及与科学家、教授、商人协作进行的创新活动。将家长与课堂联系起来的则更少。甚至在世界上的创新课堂上使用信息与通信技术（Information and Communication Technology，ICT）来打破学校围墙的例子也是罕见的”（Kozma，2003，p. 221）。

除了对在因特网上可以获取的信息的特征的担心，让学生与他们自己或教师都不认识的人进行交互也引发了另外的担心，有些其他因素一起限制了协作方式的使用。第一，计划安排上的问题，与之相关的是不同的学校日程表、不同的假期，甚至不同半球和民族的假期在不同的时间，这比想象的更加复杂，更具有破坏性。第二，不同城市、州及国家没有完全一致的课程，而找到多数学校都能集中的项目也不容易——如果协作对象包括有自己的特殊兴趣和专长领域的科学家或者其他专家的话，问题显得更加令人烦恼。与这个问题相关的不同尝试已经在不同的地域进行过了，以此来推断学生的进步（通过推测、教师能力和成就）。在学校系统中工作的老师受到标准测试项目中不同知识与技能的压力，这些是协作项目的主要阻力。第三，正如在电子邮件交流项目中发生的一样，协作活动使

得教师和学生进入一个既定的环境，这个环境受其他人控制，其他人可能不会将教师和学生参与的活动作为优先考虑的事情。这经常产生问题，正如参与第二届全球交换项目（the second Global Exchange program）的教师通过调查事实指出的，来自世界各地的学生和科学家在气象学项目中共同工作，教师的抱怨主要是其他地方的成员没有按要求经常给予回复（Songer，1998）。这些问题和其他问题是限制使用互联网的最主要原因，因为时间在学校是非常宝贵的（Bacharach，Bauer，& Shedd，1986），教师习惯于独自工作，这样不用学习怎样预先准备和处理日常工作中的问题（Lieberman & Miller，1990；Little，1990）。

而且，有理由认为面对面的交互对学习社区起着重要的作用（Marlarney，2000），这样就削弱了远程协作的潜力。例如，一个主要研究课堂使用互联网进行协作的科学项目最后的结论是：学生并不按计划中的那样使用互联网开展科学的探讨（Feldman et al.，2000，p. 97）。确实，那项研究认为课堂讨论中“在线讨论是可怜的替代品”，因为时间、监控、非语言的沟通等方面存在的困难，阻碍了反思性的在线讨论的发展。

互联网上很多内容都不是为教育目的而设计的

互联网起源于冷战（the Cold War）及美国国防部的利益——在核袭击事件中确保电子通信正常运作，它的目标是给国防研究者提供接入大型计算机的远程端口。国家科学基金会（National Science Foundation）相信电子通信也可以极大方便其他科学研究。因此，互联网技术的基础设施并没有将教育考虑在内。例如，如果大量学生同时试图使用某些网站时就会使网站超负荷，特别是在一天中的繁忙时刻，教师安排这样的教学活动的机会并不多，因为还要受班级日常活动的限制（Schofield & Davidson，2002）。同时，互联网文化受到表达自由化、沟通自由化、个人自由化的影响，在很多方面反射出最初创造它的研究共同体的文化，越来越多的公众比中小学更有热情使用互联网（Schofield & Davidson，2002）。

530

尽管如此，互联网的起源帮助我们解释了互联网在中小学教育中使用的潜力。在早期，人们感到互联网对国防和“大科学”（big science）有用，联邦政府也对互联网给予了一定程度的重视和资金投入，很难想象互联网主要用于教育事业。而且，在成人大学中，互联网的基础研究推动了提供和分享信息这种文化的发展，无论这些信息有没有特定的实际目标，都毫无疑问在发挥互联网的教育潜力方面作出了贡献。然而，互联网主要不是教师和学生的资源或者工具这个事实，引起了一些阻碍它在中小学使用的问题。

教育背景下信息种类和质量带来的问题

反思网络的起源，通过互联网获得的很大一部分信息和主要的参与活动都不是专为教育目的设计的。这对希望将网络用于教育目的的师生提出了真正的挑战，无论他们是边缘性利用还是一般性利用，无论他们是否已经意识到互联网促进教育的巨大潜力。首先，它引发了前面讨论过的问题——学生在校获得互联网上现成的信息，或许是有异议的或不适合学生的——对互联网使用进行限制的重要性前面已经提过了。

第二，即使学生获得的信息看起来是适合的，网络搜索工具搜索到的信息通常不能很好地符合教育目的。例如，它可能与学生的阅读能力、学生先前的知识储备或者既定目的所需要的细节水平不匹配。在任何方面匹配不当都会挫败学生，极大阻碍学生的学习。此外，没有理由认为学生从网络获得的信息是有用的。任何人只要有计算机和简单的操作知识，都可以将任何他们希望的信息上传到网上。虽然在教科书反映世界观的具体程度方面存在争论，教科书的信息以及学校图书馆的其他典型材料一般经历了比网上信息更加严格的审查来保证准确性。因为教师习惯于使学生使用教科书和其他相对可靠的资料来进行研讨，有时候他们没有意识到需要教会学生如何辨别找到的信息是否可信。而且，即使意识到这种训练的需要，他们可能也感到没有时间在课程中增加这项学习（Schofield & Davidson，2002）。

相反，许多应用不联网形式的基于计算机的教学应用程序，从计算机辅助教学软件到智能导师，到教育游戏，为特定年级水平的学生准备了特定的目标。此外，它们大多可以自我控制，并有特定的设计给学生提供结构化经验来促进学生学习，这样它们就不需要教师的大量投入。当然，教师需要熟悉这些软件，但是任务相对容易界定。老师一旦投入了那部分时间，后面只需要很少的额外时间，不像互联网那样，这些应用程序不会频繁更新或者突然改变。

531

互联网从一个让人激动的创新，发展到人们日常生活中不可缺少的一部分，并成为学校广泛使用的工具，越来越多人希望可以创造各种各样的资源来帮助避免或者减轻这些问题。例如，大量网站只是针对不同年龄的学生建设，针对现在大量各种具体的主题研究而建设。然而，教师需要花时间和利用各种知识寻找这些资源，并与学生探讨怎样有效地利用这些资源。

网络的灵活性与丰富性给教师带来了挑战

网络特有的灵活性使得利用互联网的方式更加多样化和具有创造性，比起为了特定的教育目的而设计的软件来说，网络对教师的吸引力更小，应用更加困

难，因为网络技术与教育成果的联系不直接也不太明显（Zhao，2003）。使用网络方式的选择是如此多变，如此迅猛，使得本来就感觉时间紧迫的教师们倍感压力（Bacharach，Bauer，& Shedd，1986；Cuban，2001；Schofield & Davidson，2002）。教师几乎不知道从哪里开始：是让学生进行电子邮件交流，还是建立网站，还是搜索信息，还是与教师交互，还是探究微观世界，还是参与有目的的协作？任何一种选择都需要教师采用不同技巧去发现并实施。最近几年，给教师面对这些挑战提供指导的书籍和网站迅速增多。查找和探究网站和其他网络活动虽然适合大部分的学生、话题和目标，但是看起来仍然需要很多时间和精力，这样就降低了使用频率。而且，比起学校中大部分为了教学而设计的计算机程序来说，互联网一直在变化。网站、搜索引擎以及基于网络的教育项目和机会都在出现、消失、变革。因此，找出并探究出最适合学生的选择不仅可能耗时且非常艰巨，而且教师也不确定这些投入是否会持久，而不是转瞬即逝。

网络的丰富性与灵活性也在学校引发了另外一个潜在的问题。学生在网上仅仅点击一两下鼠标就能进入娱乐与消遣网站，这些网站对于许多学生非常有吸引力。可能对于大部分这类网站没有实质上的限制，学生可以在教室里唾手可得，加上监控学生使用网络需要时间和精力，这样就产生了潜在的问题。学生们经常发现在网上是快乐并充满激情的（Neilsen，1998；Schofield & Davidson，2002；Songer，1996）。然而，也有理由担忧学生在网上进行活动时，可能会偏离或者忽视指定的教学活动，而沉迷在他们找到的更吸引人的材料中。虽然学生习惯上在被认为应该学习的课堂里也会有做白日梦或者与同伴说话的时候，但是他们以前从来没有直接并且较隐蔽地接触到如此多诱人的娱乐活动。因此，同样的资源可以激发学生在学校里学习的动机，同时在娱乐方面也显得有无以比拟的诱惑力（Schofield & Davidson，2002）。

结论

网络对于教育来说是相当丰富的资源库。它提供了机会让教师获取一系列让人惊奇的信息，发展自身的专业技能。同样，它也提供了帮助让教师使用学习科学研究所认为的可以显著促进学生学习的方法来改变学生的教育经历。

532 很多案例已清楚地显示，网络已经开始发挥重塑并改善教育的潜力（Anderson，2003）。然而，不管在技术方面投资多昂贵，教师得到什么专业发展，互联网的使用通常更多是零星的，对于课程核心来说是边缘性的，比它的拥护者最初设想的更加受限制。在某种程度上，这种情形反映了大型的、松散的、牵一发而动全身的组织的变革需要漫长的时间（Feldman et al.，2000），网络在学校的使用仍然相对较新。然而，互联网的两个固有因素——它是学校通向外面世界的窗口，诞生时它的结构和内容没有考虑教育的因素——是互联网在学校使用的主要

障碍，同时具有讽刺意味的是，这在互联网的其他方面是优势。找到创造性的途径来利用这些因素，同时有效地处理它带来的问题，这是发挥互联网对教师和学生的潜力的关键所在。

参考文献

Anderson, J. R., Corbett, A. T., Koedinger, K. R., & Pelletier, R. (1995). Cognitive tutors: Lessons learned. *The Journal of the Learning Sciences*, 4 (2), 167 - 207.

Anderson, R. E. (2003). Stellar cases of technology-supported pedagogical innovations. In R. B. Kozma (Ed.), *Technology, innovation, and educational change: A global perspective* (pp. 195 - 215). Eugene, OR: International Society for Technology in Education (ISTE).

Ansell, S. E., & Park, J. (2003, May). Tracking tech trends: Student computer use grows, but teachers need training, *Education Week*, 22, 43 - 49.

Bacharach, S. B., Bauer, S. C., & Shedd, J. B. (1986). Education and reform. *Teachers College Record*, 88, 241 - 256.

Becker, H. J. (1998, April). *The influence of computer and Internet use on teachers' pedagogical practices and perceptions.* Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Irvine, CA.

Becker, H. J. (1999). *Internet use by teachers: Conditions of professional use and teacher-directed student use.* (Report No. 1). University of California, Irvine and University of Minnesota [Online]. Retrieved March 26, 2003, from http://www.crito.uci.edu/TLC/findings/Internet-Use/startpage.htm.

Becker, H. J. (2000, July). *Findings from the teaching, learning, and computing survey: Is Larry Cuban right?* Revision of a paper written for the School Technology Leadership Conference of the Council of Chief State School Officers, Washington, DC.

Becker, H. J. (2001, April). *How are teachers using computers in instruction?* Paper presented at the meeting of the American Educational Research Association, Irving, TX.

Berman, S., & Tinker, R. (2000). The world's the limit in the virtual high school. In Pea, R. D. (Intro.), *Technology and learning* (pp. 192 - 196). San Francisco: Jossey-Bass.

Bushweller, K. (2002). Cyber schools, online teaching and testing, and other e-learning initiatives are changing how schools operate. *Education Week*, 21 (35), 8 - 11.

Cuban, L. (2001). *Oversold and underused: Computers in the classroom.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Cummins, J., & Sayers, D. (1995). *Brave new schools: Challenging cultural illiteracy through global learning networks.* New York: St. Martin's Press.

Environics Research Group (2001). *Young Canadians in a wired world: The students' view: What are youth doing online, and what do their parents need to know?* Retrieved April 7, 2003, from http://www.media-awareness.ca/eng/webaware/netsurvey/index.htm.

Feldman, A., Konold, C., & Coulter, B. with Conroy, B., Hutchison, C., & Londo, N.

(2000). *Network science, a decade later: The Internet and classroom learning.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Garner, R., & Gillingham, M. G. (1996). *Internet communication in six classrooms: Conversations across time, space, and culture.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

533 Hunter, B. (2002). Learning in the virtual community depends upon changes in local communities. In K. A. Renninger and W. Shumar (Eds.) *Building virtual communities.* New York: Cambridge.

Jonassen, D. H., & Howland, J. (2003). *Learning to solve problems with technology: A constructivist perspective* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall.

Karlan, J. W., Huberman, M., & Middlebrooks, S. H. (1997). Challenges of bringing the kids network to the classroom. In S. Raizen & E. O. Britton (Eds.), *Bold ventures: Vol. 2. Case studies of U. S. innovations in science education* (pp. 304 – 393). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Koizumi, H., Dasai, T., Graf, K. D., Yokochi, K., & Moriya, S. (2000). Interactive distance learning between Japan and Germany. In D. M. Watson & T. Dowries (Eds.), *Communications and networking in education: Learning in a networked society* (pp. 39 – 50). Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.

Kozma, R. B. (2003). Summary and implications: For ICT-based educational change. In *Technology, innovation, and educational change: A global perspective. A report of the second information technology in education study: Module* 2. Eugene, OR: ISTE (International Society for Technology in Education).

Lankshear, C., Snyder, I., & Green, B. (2000). *Teachers and technoliteracy: Managing literacy, technology and learning in schools.* St. Leonards, NSW, Australia: Allen & Unwin.

Levin, D., & Arafeh, S. (2002, August). *The digital disconnect: The widening gap between internetsavvy students and their schools.* Prepared for the Pew Internet & American Life Project. Retrieved March 26, 2003, from http://www.pewinternet.org/reports/toc.asp? Report = 67

Levin, J. A., & Bruce, B. C. (2003). Technology as media: A learner-centered perspective. In Y. Zhao (Ed.), *What should teachers know about technology: Perspectives and practices* (pp. 45 – 51). Greenwich, CT: Information Age Publishing.

Lieberman, A., & Miller, L. (1990). The social realities of teaching. In A. Lieberman (Ed.), *Schools as collaborative cultures: Creating the future now* (pp. 165 – 193). Bristol, PA: Falmer Press.

Little, J. W. (1990). The persistence of privacy: Autonomy and initiative in teachers' professional relations. *Teachers College Record*, 91, 509 – 536.

Love, R., & McVey, M. (2000). *Teachers' use of the Internet.* Retrieved July 18, 2000, from http://www.tcrecord.org/PrinterText.asp? @ ID Number = 10538

Malarney, M. (2000). *Learning communities and on-line technologies: The classroom at sea experience.* Ph. D. Dissertation, College of Education, University of Washington, Seattle.

Mambretti, C. (1999). *Internet technology for schools.* Jefferson, NC: McFarland.

Means, B. (1994). Introduction: Using technology to advance educational goals. In B. Means (Ed.), *Technology and education reform* (pp. 1 – 21). San Francisco: Jossey-Bass.

Molenda, M. (1992). Technology and school restructuring: Some clarifying propositions. In D. Ely & B. Minor (Eds.), *Educational media and technology yearbook* (pp. 77 – 90). Englewood, CO: Libraries Unlimited.

National Center for Education Statistics (NCES) (2004). *Internet access in U. S. public schools and classrooms*: 1994 – 2002. Retrieved November 15, 2004, from http://nces. ed. gov/surveys/frss/publications/2004011/.

National School Boards Foundation (2002). *Are we there yet?: Research and guidelines on schools' use of the Internet.* Retrieved April 18, 2003, from http://www. nsbf. org/thereyet/fulltext. htm.

Neilsen, L. (1998). Coding the light: Rethinking generational authority in a rural high school telecommunications project. In D. Reinking, M. C. McKenna, L. D. Labbo, & R. D. Kieffer (Eds.), *Handbook of literacy and technology: Transformations in a post-typographic world* (pp. 129 – 143). Mawah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

OECD (2003). Table D3. 1. *Introduction of basic computer applications in upper secondary education* (1980 – 2000). Retrieved November 15, 2004, from oecd. org/dataoecd/2/14/14558779.

Orange, G., & Hobbs, D. (2000). *International perspectives on tele-education and virtual learning environments.* Berlington, VT: Ashgate.

Pelgrum, W. J., & Anderson, R. E. (2001). *ICT and the emerging paradigm for life-long learning: An IEA educational assessment of infrastructure, goals, and practices in twenty-six countries.* Amsterdam: IEA.

Power to Teach (2003). *The growing technology gap between schools and students: Findings from the BellSouth Foundation power to teach program.* Retrieved April 9, 2003, from http://www. bellsouthfoundation. org/pdfs/pttreporto3 . pdf.

534

Roschelle, J. M., Pea, R. D., Hoadley, C. M., Gordin, D. N., & Means, B. M. (2000). Changing how and what children learn in school with computer-based technologies. *The Future of Children*, 10 (2), 76 – 101.

Salomon, G. (1993). On the nature of pedagogic computer tools: The case of the writing partner. In S. P. Lajoie & S. J. Derry (Eds.), *Computers as cognitive tools* (pp. 179 – 196). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Savin-Baden, M. (2000). *Problem-based learning in higher education: Untold stories.* Buckingham, UK: Open University Press.

Schofield, J. W. (in press). Realizing the Internet's educational potential. To appear in Weiss, J., Nolan, J., Hunsinger, J., & Trifonas, P. (Eds.), *The international handbook of virtual learning environments.* Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Schofield, J. W., & Davidson, A. L. (2002). *Bringing the Internet to school: Lessons from an urban district.* San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Schofield, J. W., & Davidson, A. L. (2004). Achieving equality of student Internet access within schools. In A. H. Eagly, R. M. Baron, & V. L. Hamilton (Eds.), *The social psychology of group*

identity and social conflict: Theory, application, and practice (pp. 97 - 109). Washington, DC: American Psychological Association.

Shaffer, D. W., & Resnick, M. (1999). "Thick" authenticity: New media and authentic learning. *Journal of Interactive Learning Research*, 10 (2), 195 - 215.

Songer, N. B. (1996). Exploring learning opportunities in coordinated network-enhanced classrooms: A case of kids as global scientists. *The Journal of Learning Sciences*, 5, 297 - 328.

Songer, N. B. (1998). Can technology bring students closer to science? In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (Vol. 1, pp. 333 - 347). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.

Starkey, B. A. (1998). Using computers to connect across cultural divides. In H. Bromley & M. W. Apple (Eds.), *Education/technology/power* (pp. 175 - 185). Albany: State University of New York Press.

Süss, D. (2001). Computers and the Internet in school: Closing the knowledge gap? In S. Livingstone & M. Bovill (Eds.), *Children and their changing media environment: A European comparative study* (pp. 221 - 241). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Thomburgh, D., & Lin, H. S. (2002). *Youth, pornography, and the Internet.* Washington, DC: National Academy Press.

Trotter, A. (2002). E-learning goes to school. *Education Week*, 21 (35), 13 - 18.

Virtual Schools Forum Report, Virtual Schools Forum held October 21 - 22, 2002 in Denver, Colorado. Retrieved March 26, 2003, from http://www.centerdigitaled.com/highlightstory.phtml?docid=40235.

Zehr, M. A. (1997). Partnering with the public. *Education Week*, 17 (11), 36 - 39.

Zhao, Y. (2003). What teachers need to know about technology? Framing the question. In Y. Zhao (Ed.), *What should teachers know about technology: Perspectives and practices* (pp. 1 - 14). Greenwich, CT: Information Age Publishing.

Zhao, Y., & Frank, K. (2003). Technology uses in schools: An ecological perspective. *American Educational Research Journal*, 40 (4), 808 - 840.

Zhao, Y., Pugh, K., Sheldon, S., & Byers, J. L. (2002). Conditions for classroom technology innovations. *Teachers College Record*, 104 (3), 482 - 515.

Zucker, A, Kozma, R, with Yarnall, L., Marder, C. & Associates (2003). *The virtual high school: Teaching generation V.* New York: Teachers College Press.

第32章

教师学习研究与学习科学

535

巴里·J. 菲什曼，伊丽莎白·A. 戴维斯

教师学习是教育研究中的一个活跃领域，尽管学习科学最初关注的不是教师学习、教师教育或教师专业发展，但是我们认为将学习科学引入教师学习研究将为我们提供很好的研究前景。学习科学研究者以认知科学、社会认知科学、社会文化学以及系统观等学习科学领域普遍存在的视角为指导，为教师学习研究的一些新的有意义的方面作出了贡献并拓宽了视野。

--学习科学主要关注课堂教学的变革，教师几乎是所有正规教学系统的基础。教师是所有课堂干预的最终解释者，并对教学干预效果上的大量差异——即“教师效应”（teacher effect）——负责（Nye，Konstantopoulos，& Hedges，2004）。如果学习科学研究者有意将研究转为引发课堂变革的实践——我们也相信他们确实是这样的——那么，学习科学密切关注教师如何学习教学技能以及如何有效地实施学习科学研究中所涌现的创新（技术、课程等），这一点将是非常重要的（Fishman et al.，2004）。

学习科学最近才开始关注教师学习。学习科学的很多研究都是关注课堂情境中的教与学（例如，Bransford et al.，1990；Brown，Collins，& Duguid，1989），但这些基础研究关注的是教师应该或可能怎样教，而不关注教师如何通过一些新方式来**学习怎样教**。在本章中，我们将检视学习科学对教师学习研究的主要理论与方法论的贡献，并举例说明这些贡献在研究与实践中是如何起作用的。我们先从更广泛的教育研究共同体来简要回顾有关教师学习研究的主要趋势，以此作为文献，为学习科学家从事该领域的工作指明方向。

关于教师学习的最新知识

53

自20世纪70年代以来，认知主义已经成为心理学和教育心理学的主导范式。一些认知导向的教师学习研究关注教师信念和教师态度，但大部分关注的是教师必须具备什么知识才是有效的（参见 Richardson，1996，有关此主题的综

述)。例如，舒尔曼（Shulman，1986）认为教师主要具备三种类型的知识。传统的教师学习关注的是前两种类型即内容领域的知识和教学法知识。舒尔曼认为教师还应具备第三种类型的知识，即**学科教学知识**(pedagogical content knowledge)。仅有内容知识还不够，教师必须以一种独特的转换方式组织内容知识，使其能够有效地支持具体内容的教学。最近，希伯特、加利莫尔和施蒂格勒(Hiebert，Gallimore，& Stigler，2002）提出教学有两大类知识：**教学专业知识**(professional knowledge for teaching)，它是公共的、由共同体生成的，需经过持续的评价与评估；**实践者知识**(Practitioner Knowledge)，它通常是个人的、局部的，很难证实但同等重要。这些有关教师知识的观点跟学习科学中那些社会文化及情境取向的知识和学习观是一致的（如，Brown et al.，1989)。

当学习怎样教时，教师要经历一个"**教师专业发展历程**"（teachers' professional continuum）的发展过程。该历程认为教师生涯至少有三个主要阶段：职前教育（preservice education)、入职教育（induction into teaching）及持续熟练专业阶段（continuing mastery of the profession）（Feiman-Nemser，2001)。在职前阶段，教师在扩展教学技能的同时，获得新的教学愿景，对学习者和学习过程有更深入的理解。在入职阶段，即工作的最初几年，教师增加了对学生、所在学校和社区这些更大范围的情境的认识，并知道如何在这种情境中进行教学。例如，他们可能会意识到为了满足学生需求而需要改变课程材料。新教师也会不断提升他们的专业认同。一旦他们变得更有经验，但他们的教学实践还未稳定时，他们会不断拓展自己的知识基础，并开始朝着自我完善和担任学校领导角色的方向加强自己的地位。学习科学中的教师学习研究包括教师专业发展历程的所有阶段，既研究职前教师，也研究经验丰富的教师。

"教师教育"这一术语通常指的是教师在师范学校或其他认证项目中的正规学习。教师教育项目与关注因材施教、建构主义教学或者促进反思的多样化学习者教学项目有很大差别。相反，区别于"职前"教师教育，"专业发展"是指教师全职工作之后的学习——通常是"在职"教育。专业发展包括辅导制（mentoring)、课程材料（curriculum material)、工作坊（worksshops）和会议（conferences)。研究发现，最有效的专业发展是可持续性的过程，强调内容知识，同时也与其他的学习活动是一致的（Garet et al.，2001；Kennedy，1999)。而且，最有效的专业发展通常要求教师检视自身实践（Putnam & Borko，2000；Richardson & Anders，1994)，促进反思，提供社会支持的机会（Putnam & Borko，2000)，并与课堂教学内容紧密联系起来（Cohen & Hill，1998)。事实上，学习科学中关于教师学习的很多研究都建立在课堂实践情境和教师对课程材料的使用上。其目标是发挥课堂和在职环境的优势来促使教师学习更有效。

教师教育和专业发展如何改善教学质量？研究者通常假设投入高质量的教师教育及专业发展经验会导致教师信念与知识的改变，随后变革课堂设计，最终促

进学生学习。然而，相关的教师学习研究几乎都没有在上述论点中的任一方面获得令人信服的数据；在某一项单独研究中很难将学生学习结果与教师专业发展直接联系起来（Loucks-Horsley & Matsumoto，1999）。学习科学中有一项研究提供了一个例子，阐释了应如何使用更多直接的方法在教师信念和知识、课程设计、学生学习这些因素之间建立联系（Fishman et al.，2003）。这是未来研究的一个关键领域。

537

学习科学为教师学习研究带来了什么?

教师学习是教育研究中一个很活跃的领域，学者们从不同角度促进了牢固知识基础的建构。美国教育研究学会“教学与教师教育”K 分会在规模上仅次于第一大分会——“学习与教学”C 分会。学习科学能够为这个巨大的学术事业作出什么独特的贡献呢？答案取决于过去十年来教师学习研究向“情境化视角”（situative perspective）的转变（Greeno et al.，本书；Greeno，Collins，& Resnick，1996）。帕特南和博尔科（Putnam & Borko，2000）认为“情境化视角”包括三个主题：认知是发生在特定情境中的（Brown et al.，1989），认知是社会性的（Wenger，1998），认知是分布于人与工具中的（Pea，1993）。情境化视角是学习科学的核心，而且随着教师学习研究转向这一视角，学习科学有望作出重要贡献。

尽管方法论与理论通常被认为是学术工作中两个相互独立的部分，但在学习科学中两者同等重要。例如，学习科学领域经常使用设计实验（Barab，本书；Confrey，本书；Brown，1992；Cobb et al.，2003；The Design-Based Research Collective，2003）来发展教与学中基于理论的创新。设计实验被广泛应用于学习科学中，因为这种方法论非常适合那些扎根于真实世界情境中的实践研究。当情境是研究的中心时，有控制的实验室实验是不合适的。

学习科学研究者开发了课程材料、技术和新的教学设计，同时参与教师专业发展的指导。这种专业发展范围很广，从高度非正式的［例如参加设计会议或者“工作圈子”（Reiser et al.，2000）］跨度到高度结构化的工作坊或者广泛分布的在线材料。但是专业发展很少会成为研究的关注点。通常，它只被看作改革部署中的随机步骤。然而，学习科学家开展研究的特定情境为教师学习研究提供了理想机会。

基于学习科学对特定情境中的教师学习进行研究具有以下优势：无论在本质上还是在名称上，学习科学整合了许多不同的学科，而且开展这些项目的研究团队通常是由不同视角的成员组成的。对教师教育研究的常见质疑是：它通常忽略了诸如科学教育者或教育心理学家的学科观点。出现这个问题是因为认知发展研究认为知识与学习具有领域特有性，而学习科学综合了这些观点以帮助我们理解

教师知识中特定内容的变化。通常的教师学习研究容易疏忽教师知识的领域特有性。因为学习科学联结了多个领域的观点，因此，它的方法很容易体现这些关注。这类研究的一个例子是“教育中课堂、课程、计算机技术高度交互中心”（Center for Highly Interactive Classrooms, Curricula and Computing in Education, hi-ce）的研究，该研究将科学教育、心理学、计算机科学、学习技术和文学方面的研究者与 K-12 教师联合起来，以合作团队的形式开发探究导向的、科技丰富的资料和工具。由于 hi-ce 中心小组由多学科的研究者组成，他们能够看到教师学习中非常具体的方面。但是，如果任何个体仅从某一视角去看的话，这些方面可能会被忽视。

538 hi-ce 最初的工作是关注促进学生学习，但是通过设计、评价一系列的专业发展活动（Fishman et al., 2003），研究小组看到了研究教师学习的机遇。这些专业发展活动包括在线专业发展环境（Fishman, 2003）和与更大型的教育改革目标相关的教师教育性课程材料（Schneider & Krajcik, 2002）。在其他学习科学研究团队也出现了与之相似的关注范围的扩大（例如 Linn, Davis, & Bell et al., 2004）。我们得到的经验是：一旦你在真实世界的学校情境中开始实施改革，那么教师学习对于研究来说将变得越来越重要。

由于方法论上要求进行大规模的实验、准实验或者横向研究（cross-sectional research），教师学习研究有时与实践情境分离（例如，Garet et al., 2001）。这种大规模的设计允许研究者收集大量教师的成果，但要做到这一点，设计必须考虑许多不同的创新与环境。结果是我们开始学习哪种类型的专业发展是普遍有效的，而不联系可能有非常不同的要求的具体改革。然而，当结合在方法论上一致的其他相关方法使用时，该研究可以产生重要的影响教育改革的政策信息数据。相反，学习科学研究趋向于开展相对小规模的研究，考虑对单一情境的细节的深层理解。但是学习科学家应该承担起这样的责任：将来自基于设计的研究及案例研究中的小规模研究结果转移到大规模的研究中，这样将会更容易传递信息，促使制定政策时考虑教师专业发展及相关的安排。我们后面描述的教师学习研究项目使用了这些方法论的各个方面，这些方法论会典型地利用大规模项目在真实世界中得以实施的情境。

有关教师学习的学习科学研究范例

目前在学习科学共同体中，教师学习研究还不是很突出。但是，接下来我们要综述的那些项目表明了学习科学如何促进我们理解教师学习。这些项目既有理论的启示，又有方法论的启示。我们将这些范例分成两类：一类研究关注教师学习的社会支持与知识的分布属性；另一类研究关注实践中教师学习的情境属性。

在这个综述中我们选择了那些在教师学习中使用了技术媒介的例子。许多关

于教师学习的学习科学研究涉及在线环境的发展研究。在线环境下，教师通过计算机媒介进行学习，通常（但不总是）使用像互联网这样的网络进行远程学习（Vrasidas & Glass，2004）。这些环境非常有吸引力，因为互联网有潜力以更少的花费培养更多的教师，以更灵活、更合适的方式提供学习机会，扩大教师学习范围。在线教师学习环境有潜力通过在传播途径中使实践具体化的方式来支持教师学习，这种传播途径将基于研究的知识用于教师认知和学习，从而确保内容的连贯性和质量，而这一点超出了设计者最初的努力。

强调社会支持与分布式专业技能

539

学习科学一致认为学习是社会性的和分布式的（例如，Cobb，1994；Linn，Davis，& Eylon，2004；Pea，1997）。与学习科学家一样，我们也相信最有效的教师学习是社会性的和分布式的。我们通过探索强调教师学习的社会支持项目案例来展开综述，这些教师学习的社会支持能够帮助教师分布和共享专业技能。

建设在线实践共同体

教师学习研究发现，需要以多种方式将教师联合起来，这样便于他们相互进行有效学习（Grossman，Wineburg，& Woolworth，2001；Putnam & Borko，2000）。不幸的是，教师在工作中通常是彼此孤立的（Lortie，1975）。有关教师学习的学习科学研究强调，"共同体"是有效的教师学习必不可少的（有关此术语的诸多含义的讨论见 Bruckman，本书；Shumar & Renninger，2002）。学习科学研究者开发的许多软件工具，通过在线交流工具创建共同体。这些在线交流工具，例如电子信箱、公告板及讨论板，为教师之间公开地交流思想提供支持。在线共同体有望打破教师们通常的孤立状态，支持有效的合作。

学习科学的情境化方法创设了一种自然范式，科学地研究面对面的和网络化的教师共同体在提高教师学习方面的作用。**实践共同体**这一概念（Wenger，1998）经常用于学习科学，研究者努力创设环境来支持教师分享不同的专业技能，建构专业知识基础，并帮助新手通过认知学徒制的方式逐渐进入专家实践（Collins，本书）。这些思想尤其与入职时期有关，这个时候刚接受过培训的教师刚开始了第一份教学工作；很多研究已经探索了网络环境对新手教师的价值（Riel & Levin，1990）。

实验室网络在早期就试图创建教师实践共同体（Ruopp et al.，1993）。设计实验室网络用来支持教师在科学课堂中使用基于项目的方法（见 Krajcik & Blumenfeld，本书）。尽管它是在互联网被广泛应用之前开发的，但是实验室网络使用了基于文本的电子邮件和公告板，为中学科学教师创建实践共同体。最后实验室网络发展到拥有 550 多名教师。实验室网络将它的成功归功于在成员中发展同

伴领导者。这些领导者能够鼓励和指导新参与者在课堂中克服在课堂中使用项目所面临的挑战。

为减少教师的孤立状态，研究者作出了很多努力，提供了正规的在线课程，例如，滨河街学院/EDC 数学学习论坛（Honey et al.，1994）和 PBS 数学在线项目（Rockman et al.，1996）。在有教师参与的研究中，麦克马洪（McMahon，1996）发现，实际在线参与（例如回复信息）比课程设计者预期的低得多，并与参与教师的数量和上网地点有关（在家登录者会更多地使用电子工具）。而且，使用数量与教师本地支持环境的优势成负相关。这些发现反映了要谨慎对待实验室网络研究者所发表的成功报告（Ruopp et al.，1993）。

540 另一个具有长远历史的项目是建于 1992 年的数学论坛（http://mathforum. org/；Renninger & Shumar，2004），它最初是一个为学生、数学爱好者和数学教育者提供高质量的材料、活动、人际互动的“社区中心”。数学论坛包括一个数学资源互动图书馆。但是除了作为课堂资源的知识库，它还提供给教师一个不断增长的、活跃的同伴社区，同伴之间可以相互讨论问题、分享观点并提问。数学论坛的关键创新之一就是通过对网站服务中最好的互动进行存档来建立它的资源图书馆，如“每周问题”，它提供了非常规的、具有挑战性的问题，教师也可以在课堂上使用这些问题；再如“问问数学博士”，它是一个面向师生的答疑服务。后者的服务开创了可以在线指导的形式，通过不断增加的志愿者团体，为找到解决方法提供指导而不仅仅是简单地回答问题。通过联合面对面的工作坊和在线活动，数学论坛发展了教师共同体。这些在线活动允许教师成为网站的领导者，提供资源和专业技能。

探究学习论坛（Inquiry Learning Forum，ILF，http://ilf. crlt. indiana. edu/）也是基于实践共同体模式的（Barab，本书；Barab et al.，2001）。该论坛是为支持运用探究式实践的数学和科学教师（主要是印第安纳州的教师）而设计的。该论坛基于以下四个原则：（1）在用户之间培育参与权和所有权；（2）重视探究；（3）使虚拟教室可以“访问”；（4）支持具有相同目的的共同体（Barab，Makinster，& Scheckler，2004）。探究学习论坛用户的独特之处在于它包括职前教师和在职教师：职前教师要使用探究学习论坛作为教师教育课程的一部分，而在职教师的参与则是完全自愿的。通过研究这些组内与组间的相互作用模式，研究者能够归纳出对其他类似环境的设计具有启示意义的内在矛盾（Barab et al.，2004）。这些包含了预设和生成设计之间的平衡，这两种设计适合以下方面的需求：共同体、为用户赋予自身新意义的机会、为他人提供具体观点的机会、满足当地用户的设计需求和设计者更多的兴趣。另外两种张力包含了呼吁更多的广泛爱好者参与到这个环境中，并区分专业发展的在线和面对面的成分。

我们推荐的最后一个在线的学习共同体是 1997 年由国际 SRI 开发的 Tapped In（http://www. tappedin. org/）。Tapped In 被预想为教师专业发展“学院”，它

在基于网络的多用户的虚拟环境中使用了地点和空间想象，鼓励用户把自己想象成在一个有教室、会议室和个人办公室的虚拟校园里。用户可以通过在线讨论和文本聊天进行交流，并能够分享文件和诸如网页链接的资源（Schank et al.，1999）。Tapped In 的独特之处在于，它本身并不存在于一个教师学习项目之中，而是一个其他人可以用于扩展项目，并运用其社区建设工具和服务来建设他们的项目功能的平台。例如，数学论坛已经使用 Tapped In 作为一个访问者拜访“数学博士”的地方，学区已经在 Tapped In 建立了空间，为专业发展提供服务，并支持新教师；佩波戴恩大学（Pepperdine University）是为数不多的几个大学中第一个使用 Tapped In 扩展支持教育技术学专业研究生在线项目的大学（Riel & Polin，2004）。Tapped In 成员数量在不断增加（目前超过了 21 000 人）。每个月平均有 15%—20% 的 Tapped In 共同体成员登录，每次访问停留时间超过 45 分钟。

SRI 研究者们专门设计 Tapped In 来支持在线实践共同体的形成（Schlager，Fusco，& Schank，2002）。最近，这些研究者已将注意力转向 ILF 团队中同样提出过的在线与面对面的问题，这两个团队都提出建立在线实践共同体比面对面的共同体要更困难。施拉格和富斯科（Schlager & Fusco，2004）认为将注意力转向使用技术来加强本地的（不是基于远程的）教师学习会更有价值。例如，这些研究者最近仿造 Tapped In 在线框架搭建了一个相对稳定的网络，该网络为密尔沃基地区的学校中的新教师提供支持与帮助（Schlager et al.，2003）。

541

这些学习科学项目有助于我们理解如何设计在线环境以促进教师共同体的构建和维持。研究显示，这些共同体为了减少教师的孤立感作了很大努力。这些环境在提供教师所需的社会支持以及为专家教师提供工具与他人分享知识方面成效很大。

辅导与指导（Mentoring and Coaching）

指导（Coaching）是认知学徒制与认知导师（Collins，本书）中很重要的组成部分（Koedinger & Corbett，本书）。辅导对于教师特别有效，他们在实践方面通过与他人进行日常、持续和个人间的相互作用而获益（Schaverien & Cosgrove，1997）。与典型的在线共同体相比，联系辅导者与指导者的在线方式，是一种在更小的、更个人化的范围内提供社会支持的方式。在线方式关注教师学习，并提供教师需要的社会需求。辅导者与指导者是传播教师专门知识的重要方式。更多有经验的专家教师能够为新手或者不太专业的教师搭建脚手架，帮助他们发展新知识、信念与实践。

例如，“使用技术演播室学习教学”（Learning to Teach with Technology Studio，LTTS；http://ltts.indiana.edu）是一个基于网络的环境。在这个环境中，实习教师与职前教师围绕信息技术整合及以学习者为中心的教学主题选择适合自己步骤的课

程进行学习。LTTS 的主要特点是辅导制，所有学生都可以从那些精通教学哲学的有经验的教师那里获得一对一的反馈信息。在一项有关社会存在感（该术语是根据辅助者出现在学生面前的友好度、可信赖度及个性化程度来定义的）的影响性的实验研究中，结果发现社会存在感影响学生对辅助者的感知，但并不影响学生感知学习、满足度或课程成果的实际质量（Wise et al.，2004）。另一个教师在线训练的例子是教育者大规模交互发展（Wide-scale Interactive Development for Educations，WIDE World；http://wideworld. pz. harvard. edu/），它设计了一个在线课程环境以帮助教师结合基于研究的教学法来改善实践。该项目的显著特点是课程中每 10 个参加者就有 1 个同伴辅导教练，教练为每个参与者提供反馈并鼓励教师们不断地参与在线交流和讨论。在导向当前设计的形成性评价中，该项目开发者尝试并拒绝了最初使用的无效方法，即没有或很少将人机交互性考虑到在线资源中（Wiske & Perkins，2005）。

"基于网络的探究科学环境"（Web-based Inquiry Science Environment，WISE；http://wise. berkeley. edu）是为学生开发的以技术为媒介的学习环境，并为教师学习在课堂中使用该环境提供了面对面及在线的支持服务（Linn，本书；Linn，Clark，& Slotta，2003）。WISE 的辅导性专业发展模式不同于 LTTS 和 WIDE-World，后两者中教师与辅导者的联系大多数是面对面的，而非在线的。WISE 辅导性专业发展模式为教师和学生提供了同样的教学法原则。例如，WISE 通过参观辅导者的课堂及工作组使探究可视化。工作组对 WISE 的熟手教师的教学视频进行讨论。辅导者也会与教师一对一一起工作。随着教师在课堂中使用 WISE 环境越来越熟练，支持每位教师的辅导者角色性质发生了变化：首先是进行更实际的指导而不只是逻辑上的指导，然后逐渐减少，直到适当的时候退出指导。辅导性专业发展通过在线支持完成，例如教师论坛、教师可以与学生一起使用的评价和反馈工具、适应现有的或新的课程单元的创作环境。WISE 辅导性专业发展模式显示，在全学校的模式实施中，专业发展的方法成功地支持了具有不同教学风格的教师（Slotta，2004）。

542

这些研究，正如上面描述的教师共同体研究，证明了社会支持能够对教师起关键作用。这些社会支持为传播教师技能提供了途径，与其他方式相比，使教师获得了更多的思想。这些系统的另一个有趣的作用是提供了一个测评教师学习的潜在方式，即评价教师制作的在线课程产品，或者教师和学生开始实施新的改革时，详细记录教师与辅导者之间的在线交互。

通过关注实践强调情境活动

学习科学的一个核心观念就是学习在真实的情境中进行会更加有效（Greeno，本书；Brown et al.，1989）。情境学习（situated learning）是包括基于

案例的学习（Kolodner，本书）和基于问题的学习在内的（problem-based learning，PBL，Koschmann et al.，1996）学习科学方法的基础。认知弹性理论更加深入，认为从多视角（“交叉”领域）去观察和重新观察相同的信息，学习者能够扩展并加深对案例复杂性的认知，提高他们将学习迁移到情境的能力，最后学会在表面上看似分离的概念之间建立有意义的联系（Spiro et al.，1988）。情境学习、认知学徒、基于案例的推理、基于问题的学习（PBL）以及认知弹性理论都是重视先前经验以促进概念转化的方法（diSessa，本书）。每一种方法不同程度地适用于我们这里讨论的每一个例子。这些例子都强调教学实践中情境学习促进教师学习的这一作用。我们首先把目光转向这样的研究方式：设计者通过精心选择课堂教学的录像来研究教师学习。

使用录像作为教师学习的媒介

教师经常要求观摩其他教师的课堂教学，因为他们感到观摩对他们来说是理解如何将与教学相关的想法转变为实际教学的最好方式（Fishman & Duffy，1992）。但是离开自己的课堂走进其他人的课堂是很困难的，也是不方便的，所以这个愿望通常可以通过录像来实现。例如，有几个研究者已经探索出通过使用录像俱乐部或者研究团队的方式可以促进教师学习（Frederiksen et al.，1998；Sherin，2004；Thomas et al.，1998）。面对面的录像俱乐部要对参与本俱乐部的两位中学数学教师的课堂实践进行录像（选择性地不对另外两位教师进行录像），然后四位教师和两位研究者每月通过录像俱乐部对录像某一片段进行一次讨论（Sherin，2004）。这一过程实施了整个一学年，有助于教师提升“专业洞察力”，即观察并解释课堂事件关键特征的能力（Sherin，2004，p. 179）。特别是，教师变得更愿意考虑学生想法以及学生想法与教学决策之间的关系，而不是仅仅集中于评价录像中教师的教学法。谢林（Sherin）进一步指出，即便教师在俱乐部中并没有反思他们自身的实践，但是通过这些方式学习，四位教师似乎以相近的方式和程度得到了发展。

将录像案例置于在线情境中或基于计算机的材料中，被证实是将课堂教学实践画面引入教师学习中的一种很受欢迎的方式。例如，教学策略框架（Strategic Teaching Frameworks，STF；Chaney-Cullen & Duffy，1998；Fishman & Duffy，1992）的设计是为了通过教学实践案例和教学反思评论案例，体现认知学徒制关系（Collins，本书）。STF 将单独的一门课作为它的分析单元。从多重视角对学科内容进行评论，包括课堂教师、学科内容专家及课堂外的教学法专家。录像同时也可以链接到配有有关使用技术读物的参考书图书馆中。评价表明，STF 促进了在职教师（Chaney-Cullen & Duffy，1998）和职前教师（Lambdin，Duffy，& Moore，1997）对教学的反思。优秀的 STF 环境系统中的很多主要思想被整合进后来的基于网络的研究学习论坛中（前面已经描述过）。将情境学习用于支持教

师学习的一个较早的例子是项目实践案例选辑（Casebook of Project Practices, CaPPs; Krajcik et al., 1996; Marx et al., 1998），它是用以支持有关“基于项目的科学”（Project-Based Science, PBS）的教师学习。

威斯康星大学（University of Wisconsin）和罗格斯大学（University of Rutgers）的学习科学研究者在“中小学教师教育项目”（the Elementary and Secondary Teacher Education Program, eSTEP）中进行合作，开发出以实现教师创建在线课程及活动的工具，系统地将合作教学计划与文本和录像整合起来（Derry & Hmelo-Silver, 2002）。这两所大学的 eSTEP 课程都包括一个超媒体图书馆。这个超媒体图书馆将学习科学概念应用于教学，并与教师的课堂录像数据库连接在一起。研究者指出了工作中的一系列挑战，其中包括在教师期望值和学习环境目标之间取得平衡的挑战。在这种情况下，职前教师备课时需要大量的具体案例，希望就他们关心的教学得到答案，并可以得到一些具体的活动以应用于他们想象的课堂中。eSTEP 设计者希望帮助教师对学习有一个丰富的理论认识，借助工具来帮助他们将这些知识与他们可能遇到的真实情境联系起来（Derry et al., 2004）。

帕林斯卡和斯皮罗（Palincsar & Spiro）利用认知弹性理论及录像设计了一个项目，旨在扩大文本理解方面的知识基础（Palincsar, Spiro, & Magnusson, 2004）。通过处理有关两种文本理解指导途径的大量数据，他们开发了基于网络的工具——“经验促进支持环境——理解”（Experience Acceleration Support Environment—Comprehension: EASE-C），为苦苦挣扎着的读者提供了 10 个具体的主题，如信息文本类的主题和教师实践类的主题，它可以根据用户的需求与兴趣检索到他们需要的信息。帕林斯卡和斯皮罗对比了两种情况下的教师学习和教学实践：一种情况是四、五年级的教师使用 EASE-C 工具；另一种情况是教师可以获得同样的视频内容，但这些视频内容以线性视频案例的方式呈现，也没有 EASE-C 搜索功能。研究者假设，受教师的先前知识、目前的实践以及当前条件下的经验影响，两种情况下都存在“能力倾向—教学处置”（treatment-by-aptitude）的效应。

544 生成性虚拟教室（The Generative Virtual Classroom, GVC; Schaverien, 2000）将一些类似的特征整合到前面提到的一些系统中，例如，录像及专家点评，但是 GVC 录像主要关注学生，可以使教师更容易地接近并洞察学生及其理解概念的方式。基于学习的生成性观点而搭建的 GVC 允许教师进行生成性学习——探索观点、测试这些观点，然后对这些观点进行解释，最后达到理解（Schaverien, 2003）。使用 GVC 的研究证明，当教师感知到自己的学习反映出学生学习的生成性特征时，教师的学习便发生了。通过录像的例子和一般的在线学习环境，设计者强调用户的有组织活动的重要性，这与因循守旧的规则是截然不同的。

兰珀特和鲍尔（Lampert & Ball, 1998）使用了一种不同的方法将录像应用

于教师教育之中；他们收集了自己的教学录像作为“多媒体和超媒体教学”（Multimedia and Teaching through Hypermedia，M. A. T. H）（它包括几个不同名称的成果，比如学习与教学探索空间，Space for Learning and Teaching Explorations，SLATE）项目中的一部分。兰珀特和鲍尔研究的一部分，是在一所公立小学教授数学，他们通过录像、日志、教案和学生作业，收集了大量教学记录。这个在小学教师教育课程中使用的数据库向职前教师展示了教学的各种复杂性。职前教师可以使用电子笔记本来创建多媒体文件夹，用于存放录像、其他制品并记录他们自己对课堂环境的逐步理解。在这个时间标尺上收集、索引、存储录像是一项艰巨的任务，所以没有其他的项目（就我们所知）试图作类似的研究也不足为怪。

通过将教师学习置于实践情境中，这些项目对于促进教师的学习是大有帮助的。学习科学研究的情境性使得教师教育和专业发展也具有情境性。我们发现它的特殊价值在于将来它将被称为**“基于实践的专业发展”**（Krajcik & Reiser，2003），这种形式下的在职教师学习将围绕他们在自己课堂实践中所用到的教学材料和教学活动展开。这与一般的专业发展不同，一般的专业发展可能集中于广泛的概念，如“建构主义教学”、“探究”或者是“合作学习”，而把应用这些观念于课堂的任务留给了教师。

使用教育性课程材料支持教师学习

教育性课程材料的概念是基于实践的方法的一个核心成分。由于课程材料是教师教学内容的主要指导资源，鲍尔和科恩（Lampert & Ball，1996）建议应该将与教学过程相关的改革思想直接嵌入教师教学材料，从而把改革取向的教学中的一些必备专业技能分布到主要的工具中，同时也将这些专业技能置于教师每日的教学实践中。戴维斯和克拉伊切克（Davis & Krajcik，2005）进一步阐述了这些观念，并详细说明这些教育课程材料是如何促进特定教师的学习过程。教育性课程材料对基于实践的专业发展提供了一个理想的情境，因为教育性课程材料不但呈现了多种有效教学方法，也为教师学习的具体方面提供了持续的支持。

我们考察了学习科学项目的三个案例来支持这些观点。这些项目都是基于以下基本观念设计的：纸质材料有限的空间，要求课程开发者作出编辑上的决策，即围绕教学法或内容知识的教育信息，如何最好地展示既定的活动。通过提供课程的在线扩展资源，我们可以扩展印刷材料以适应课程多样化的变化，同时提供多媒体材料来呈现那些难以用文字表达的信息。 545

“基于 Web 的知识网络”（Knowledge Network On the Web，KNOW，http://know. umich. edu/；Fishman，2003）是一个在线的专业发展环境，是为城市学校的学习技术中心（Center for Learning Technologies in Urban Schools，LeTUS）开发的探究导向的课程材料的扩展，特别是与底特律公立学校一起开发的教育课程印刷教材（Singer et al.，2000）。KNOW 设计者选择提供了两种基本类型的录像：

实践画面的录像（images of practice videos）提供了一个展现课堂实践的窗口；另一种是关于**如何操作**的录像（how to videos），即给出关于如何安装和使用科学设备或软件的一步一步的可视化介绍。此外，KNOW 提供了大量学生作业样本以及连接到每个课程单元的讨论环境。尽管 KNOW 可以当作专业发展的单一资源使用，但是它的最大作用在于能够与其他专业发展活动相结合，包括面对面的工作组（这种整合的专业发展方法为前面所考虑到的在线和面对面的问题提供了一种很好的解决办法）。整合的专业发展方法使得学生学习取得了很大收获（Geier et al.，2004；Marx et al.，2004），而且整合的专业发展方法能够直接（并经验性地）与课堂实践的变化和学生的学习相连接（Fishman et al.，2003；Kubitskey，Fishman，& Marx，2004）。

生活课程（The Living Curriculum，Shrader & Gomez，1999）是芝加哥 LeTUS 活动的一部分，也是围绕课程教材设计的。此外，生活课程是基于案例的，力求使两位教师经历完整的课程实施。它的一个中心目标就是要教师更多地反思自己的课程实施。因为生活课程和 KNOW 都是在系统的改革成果情境下设计的，意在使系统中的所有教师都要使用，而不是自己选择或者志愿者教师使用。这些系统的潜在用户群体与 CaPPs、探究学习论坛和 STF 是不同的，即可能提供给教师的各种知识是不同的。

依据 KNOW、生活课程以及由 hi-ce（Schneider & Krajcik，2002；Singer et al.，2000）、全球少年科学家（Kids as Global Scientists）（Songer，1996）等开发的教育课程印刷材料中很多成功的设计特征而设计的“小学科学课程访问系统环境”（the Curriculum Access System for Elementary Science，CASES；http://cases. soe. umich. edu；Davis，Smithey，& Petish，2004）是有针对性地面向职前和新的小学科学教师设计的。CASES 的研究和开发不仅强调新手教师的教育要素，同时也特别强调他们面临的具体挑战。例如，每一门 CASES 课程都包含了一篇或多篇简短的叙述文字以描述一名新教师可能会遇到的问题，因此会使一些教育概念，如探究取向的科学教学，情境化到课堂本身以及叙述文当中（Davis et al.，2004；Smithey & Davis，2004）。这个例子说明了一个单独的设计特征如何提供社会支持服务，如何分布专业技能以及如何同时进情境化学习。研究表明，职前教师跟那些写叙述文的教师有很大关联，他们将这些叙述文看作是帮助他们想象自己如何在课堂上课的一种资源（Smithey & Davis，2004）。其他关于在职教师使用 CASES 的研究同样指出，教师可以从那些帮助他们预想使用课程及单元的特性中受益（Petish，2004）。它强调教师如何使用特定的教育要素并从中学习，这种强调结合对所有要素共同发挥作用这一观点的认可，建立了学习科学研究的另一个典型力量（例如 Linn，Davis，& Bell，2004）。

546

无论是源于教师自身实践还是他人的实践，本部分回顾的案例阐释了教师学习支持的设计过程中的情境力量。如同学生一样，教师也从他们学习的情境中

获益。

展望

学习科学研究者已经开发出新环境支持教师学习，学习科学研究逐渐将教师学习研究作为更大的研究项目的一部分。学习科学的情境化方法是一种自然的适应：在更广泛的教师学习共同体中，学习者的认知和共同体是教师学习的中心。未来，技术进步是毫无疑问的，这将提高我们的研究能力，提高教师学习的能力。例如，新的录像技术将使教师能够更简易地录制、编辑及分享录像，促进课堂实践中富含媒体的发展。学生评价的进展将使教师学习与学生学习的联系更容易，能够更加集中于专业发展的主要改革成果。

我们认为未来研究应该更加集中到几个领域中。最重要的一点是要研究在学校情境中教师学习期间发生的认知变化及概念变化。此外，我们需要更好地理解教师教育和专业发展如何导致教师课堂实践的改变，从而最终改变学生的学习。这些因果关联是极其难以研究的（Loucks-Horsley & Matsumoto，1999），但是学习科学项目提供了丰富的情境，这些情境对于这一研究是很理想的。例如，前面我们已经描述过的 LeTUS 协作环境中所做过的一些工作，LeTUS 协作环境将学生学习数据与关于专业发展的基于设计的研究联系起来（Fishman et al.，2003）。这个研究得出结论，教师学习具有很高的内部和外部效度，这可以使未来的教师学习活动深入、持续地围绕着 LeTUS 课程进行设计。

学习科学也会因更多关注教师学习而获益。我们越是能够帮助教师依据教学法思想和我们所创建的技术工具来学习如何教学，那么，我们基于研究的改革也就越可能成功，并最终影响学生的学习。

致谢

本章中作者所描述的工作得到了凯洛格基金（W. K. Kellogg Foundation）、惠普公司、国家科学基金（项目号：REC—9720383，REC—9725927，REC—9876150 和 REC—0092610）的资助，我们也感谢下面这些人给予本章的反馈：萨拉·巴拉布（Sarah Barab）、沙伦·德里（Sharon Derry）、汤姆·达菲（Tom Duffy）、玛格达莱妮·兰珀特（Magdalene Lampert）、马西娅·林（Marcia Linn）、安娜玛丽·帕林斯卡（Annemarie Palincsar）、韦斯·舒马尔（Wes Shumar）、琳内特·沙维瑞恩（Lynnette Schaverien）、马克·施拉杰（Mark Schlager）、吉姆·斯洛塔（Jim Slotta）、斯通·威斯基（Stone Wiske），特别是克丽丝·昆塔纳（Chris Quintana）。本文表达的是作者们的观点，并不代表密歇根大学（University of Michigan）或者基金会的观点。

参考文献

Ball, D. L., & Cohen, D. K. (1996). Reform by the book: What is—or might be—the role of curriculum materials in teacher learning and instructional reform? *Educational Researcher*, 25 (9), 6-8.

547 Barab, S. A., MaKinster, J., Moore, J. A., Cunningham, D. J., & The ILF Design Team. (2001). Designing and building an on-line community: The struggle to support sociability in the Inquiry Learning Forum. *Educational Technology Research and Development*, 49 (4), 71-96.

Barab, S. A., MaKinster, J., & Scheckler, R. (2004). Designing system dualities: Characterizing an online professional development community. In S. A. Barab, R. Kling, & J. H. Gray (Eds.), *Designing for virtual communities in the service of learning* (pp. 53-90). Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Bransford, J. D., Sherwood, R. D., Hasselbring, T. S., Kinzer, C. K., & Williams, S. M. (1990). Anchored instruction: Why we need it and how technology can help. In D. Nix & R. Spiro (Eds.), *Cognition, education, and multimedia: Exploring ideas in high technology* (pp. 115-141). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2 (2), 141-178.

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32-42.

Chaney-Cullen, T., & Duffy, T. M. (1998). Strategic teaching frameworks: Multimedia to support teacher change. *The Journal of the Learning Sciences*, 8, 1-40.

Cobb, P. (1994). Where is the mind? Constructivist and sociocultural perspectives on mathematical development. *Educational Researcher*, 23 (7), 13-20.

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32 (1), 9-13.

Cohen, D. K., & Hill, H., C. (1998). *State policy and classroom performance: Mathematics reform in California* (CPRE Policy Brief No. RB-23). Philadelphia, PA: Consortium for Policy Research in Education.

Davis, E. A., & Krajcik, J. (2005). Designing educative curriculum materials to promote teacher learning. *Educational Researcher*, 34, 3-14.

Davis, E. A., Smithey, J., & Petish, D. (2004). Designing an online learning environment for new elementary science teachers: Supports for learning to teach. In Y. B. Kafai, W. A. Sandoval, N. Enyedy, A. S. Nixon, & F. Herrera (Eds.), *Proceedings of the 6th International Conference of the Learning Sciences* (pp. 594). San Diego: Lawrence Erlbaum Associates.

Derry, S. J., & Hmelo-Silver, C. (2002). Addressing teacher education as a complex science: Theory-based studies within the STEP project. In P. Bell, R. Stevens, & T. Satwicz (Eds.), *In-*

ternational Conference of the Learning Sciences (*ICLS*) (pp. 611 - 615). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Derry, S. J., Seymour, J., Steinkuehler, C., Lee, J., & Siegel, M. A. (2004). From ambitious vision to partially satisfying reality: An evolving socio-technical design supporting community and collaborative learning in teacher education. In S. A. Barab, R. Kling, & J. H. Gray (Eds.), *Designing for virtual communities in the service of learning* (pp. 256 - 295). Cambridge: Cambridge University Press.

Feiman-Nemser, S. (2001). From preparation to practice: Designing a continuum to strengthen and sustain teaching. *Teachers College Record*, 103 (6), 1013 - 1055.

Fishman, B. (2003). Linking on-line video and curriculum to leverage community knowledge. In J. Brophy (Ed.), *Advances in research on teaching: Using video in teacher education* (Vol. 10, pp. 201 - 234). New York: Elsevier.

Fishman, B., & Duffy, T. M. (1992). Classroom restructuring: What do teachers really need? *Educational Technology Research and Development*, 40 (3), 95 - 111.

Fishman, B., Marx, R., Best, S., & Tal, R. (2003). Linking teacher and student learning to improve professional development in systemic reform. *Teaching and Teacher Education*, 19 (6), 643 - 658.

Fishman, B., Marx, R., Blumenfeld, P., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2004). Creating a framework for research on systemic technology innovations. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), 43 - 76.

Frederiksen, J. R., Sipusic, M., Sherin, M., & Wolfe, E. (1998). Video portfolio assessment: Creating a framework for viewing the functions of teaching. *Educational Assessment*, 5 (4), 225 - 297.

Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F., & Yoon, K. S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. *American Educational Research Journal*, 38 (4), 915 - 945.

Geier, B., Blumenfeld, P., Marx, R., Krajcik, J. S., Fishman, B., & Soloway, E. (2004). Standardized test outcomes of urban students participating in standards and project-based science curricula. In Y. B. Kafai, W. A. Sandoval, N. Enyedy, A. S. Nixon, & H. Francisco (Eds.), *Proceedings of the Sixth International Conference of the Learning Sciences* (pp. 206 - 213). Santa Monica, CA: Lawrence Erlbaum Associates.

548

Greeno, J. G., Collins, A., & Resnick, L. B. (1996). Cognition and learning. In D. Berliner & R. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 15 - 46). New York: Macmillan.

Grossman, P., Wineburg, S., & Woolworth, S. (2001). Toward a theory of teacher community. *Teachers College Record*, 103 (6), 942 - 1012.

Hiebert, J., Gallimore, R., & Stigler, J. W. (2002). A knowledge base for the teaching profession: What would it look like and how can we get one? *Educational Researcher*, 31 (5), 3 - 15.

Honey, M., Bennett, D., Hupert, N., Kanze, B., Meade, T., Panush, E. M., et al. (1994). The mathematics learning forums online: Using telecommunications as a tool for reflective

practice. *Machine-Mediated Learning*, 4 (2-3), 163-176.

Kennedy, M. (1999). *Form and substance in mathematics and science professional development* (NISE Brief No. 3 (2)). Madison, WI: National Center for Improving Science Education. Retrieved, from http://www.wcer.wisc.edu/nise/Publications/Briefs/Vol_3_No_2/Vol.3, No.2.pdf, Accessed November 23, 2005.

Koschmann, T., Kelson, A. C., Feltovich, P. J., & Barrows, H. S. (1996). Computersupported problem-based learning: A principled approach to the use of computers in collaborative learning. In T. Koschmann (Ed.), *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm* (pp. 83-124). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Krajcik, J. S., & Reiser, B. J. (2003, April). *Design principles for developing inquiry materials with embedded technologies.* Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL.

Krajcik, J. S., Soloway, E., Blumenfeld, P., Marx, R. W., Ladewski, B., Bos, N., et al. (1996). The Casebook of Project Practices: An example of an interactive multimedia system for professional development. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 15, 119-135.

Kubitskey, B., Fishman, B., & Marx, R. (2004, April). *Teacher learning from reform-based professional development and its impact on student learning: A case study.* Paper presented at the Annual Meeting of the National Association of Research on Science Teaching, Vancouver, Canada.

Lambdin, D., Duffy, T. M., & Moore, J. A. (1997). Using an interactive information system to expand preservice teachers' visions of effective mathematics teaching. *Journal of Technology and Teacher Education*, 5, 171-202.

Lampert, M., & Ball, D. L. (1998). *Teaching, multimedia, and mathematics: Investigations of real practice.* New York: Teachers College Press.

Linn, M. C., Clark, D., & Slotta, J. D. (2003). WISE design for knowledge integration. *Science Education*, 87 (4), 517-538.

Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (2004). *Internet environments for science education.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Linn, M. C., Davis, E. A., & Eylon, B.-S. (2004). The scaffolded knowledge integration framework for instruction. In M. C. Linn, E. A. Davis, & P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 47-72). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Lortie, D. (1975). *Schoolteacher: A sociological study.* Chicago: University of Chicago Press.

Loucks-Horsley, S., & Matsumoto, C. (1999). Research on professional development for teachers of mathematics and science: The state of the scene. *School Science and Mathematics*, 99 (5), 258-271.

Marx, R. W., Blumenfeld, P., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., Geier, B., et al. (2004). Inquiry-based science in the middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (10), 1063-1080.

Marx, R. W., Blumenfeld, P., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (1998). New technologies for

teacher professional development. *Teaching and Teacher Education*, 14 (1), 33 – 52.

McMahon, T. A. (1996). *From isolation to interaction? Computer-mediated communications and teacher professional development.* Unpublished doctoral dissertation, Indiana University, Bloomington, IN.

Nye, B., Konstantopoulos, S., & Hedges, L. V. (2004). How large are teacher effects? *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 26 (3), 237 – 257.

Palincsar, A. S., Spiro, R. J., & Magnusson, S. J. (2004). *Investigating the feasibility of scaling up effective reading comprehension instruction using innovative case-based hypermedia* (IERI Proposal No. REC – 0343578). Arlington, VA: National Science Foundation. Retrieved October 20, 2004, from http://www.nsf.gov/awardsearch/showAward.do? AwardNumber = 0343578.

Pea, R. D. (1993). Practices of distributed intelligence and designs for education. In G. Salomon (Ed.), *Distributed cognitions: Psychological and educational considerations* (pp. 47 – 87). New York: Cambridge University Press.

Petish, D. (2004). *Using educative curriculum materials to support new elementary science teachers' learning and practice.* Unpublished doctoral dissertation, University of Michigan, Ann Arbor, MI.

Putnam, R., & Borko, H. (2000). What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning? *Educational Researcher*, 29 (1), 4 – 15.

Reiser, B. J., Spillane, J. P., Steinmuller, F., Sorsa, D., Carney, K., & Kyza, E. (2000). Investigating the mutual adaptation process in teachers' design of technology-infused curricula. In B. Fishman & S. O'Connor-Divelbiss (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Conference of the Learning Sciences* (pp. 342 – 349). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Renninger, K. A., & Shumar, W. (2004). The centrality of culture and community to participant learning at and with The Math Forum. In S. A. Barab, R. Kling, & J. H. Gray (Eds.), *Designing for virtual communities in the service of learning* (pp. 181 – 209). Cambridge: Cambridge University Press.

Richardson, V. (1996). The role of attitudes and beliefs in learning to teach. In J. Sikula, T. Buttery, & E. Guyton (Eds.), *Handbook of research on teacher education* (pp. 102 – 119). New York: Simon & Schuster Macmillan.

Richardson, V., & Anders, P. L. (1994). The study of teacher change. In V. Richardson (Ed.), *Teacher change and the staff development process: A case in reading instruction* (pp. 159 – 180). New York: Teachers College Press.

Riel, M., & Levin, J. A. (1990). Building electronic communities: Success and failure in computer networking. *Instructional Science*, 19, 145 – 169.

Riel, M., & Polin, L. (2004). Online learning communities: Common ground and critical differences in designing technical environments. In S. A. Barab, R. Kling, & J. H. Gray (Eds.), *Designing for virtual communities in the service of learning* (pp. 16 – 50). Cambridge: Cambridge University Press.

Rockman et al. (1996). *Evaluation of PBS Mathline middle school mathematics project* 1995 – 1996: *The Second Year.* San Francisco, CA: Rockman et al. Retrieved October 15, 2004, from http://

549

rockman. com/ projects/pbs/Mathline. pdf.

Ruopp, R. R., Gal, S., Drayton, B., & Pfister, M. (1993). *LabNet: Toward a community of practice*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associate.

Schank, P., Fenton, J., Schlager, M. S., & Fusco, J. (1999). From MOO to MEOW: Domesticating technology for online communities. In C. M. Hoadley & J. M. Roschelle (Eds.), *Proceedings of the Conference on Computer Support for Collaborative Learning* (pp. 518 – 526). Palo Alto, CA: Stanford University.

Schaverien, L. (2000). Towards researchbased designing for understanding functional concepts: The case of the web-delivered Generative Virtual Classroom for teacher education. *Australian Journal of Educational Technology*, 16 (1), 1 – 12.

Schaverien, L. (2003). Teacher education in the Generative Virtual Classroom: Developing learning theories through a web-delivered, technology-and-science education context. *International Journal of Science Education*, 25 (12), 1451 – 1469.

Schaverien, L., & Cosgrove, M. (1997). Learning to teach generatively: Mentor-supported professional development and research in technology-and-science. *The Journal of the Learning Sciences*, 6 (3), 317 – 346.

Schlager, M. S., & Fusco, J. (2004). Teacher professional development, technology, and communities of practice: Are we putting the cart before the horse? In S. A. Barab, R. Kling, & J. H. Gray (Eds.), *Designing for virtual communities in the service of learning* (pp. 120 – 153). Cambridge: Cambridge University Press.

Schlager, M. S., Fusco, J., Koch, M., Crawford, B., & Phillips, M. (2003, July). *Designing equity and diversity into online strategies to support new teachers*. Paper presented at the National Educational Computing Conference, Seattle, WA.

Schlager, M. S., Fusco, J., & Schank, P. (2002). Evolution of an online education community of practice. In K. A. Renninger & W. Shumar (Eds.), *Building virtual communities: Learning and change in cyberspace* (pp. 129 – 158). Cambridge: Cambridge University Press.

550 Schneider, R. M., & Krajcik, J. S. (2002). Supporting science teacher learning: The role of educative curriculum materials. *Journal of Science Teacher Education*, 13 (3), 221 – 245.

Sherin, M. G. (2004). Teacher learning in the context of a video club. *Teaching and Teacher Education*, 20, 163 – 183.

Shrader, G., & Gomez, L. (1999). Design research for the Living Curriculum. In C. M. Hoadley & J. M. Roschelle (Eds.), *Proceedings of the Conference on Computer Support for Collaborative Learning* (pp. 527 – 537). Palo Alto, CA: Stanford University.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4 – 14.

Shumar, W., & Renninger, K. A. (2002). On conceptualizing community. In K. A. Renninger & W. Shumar (Eds.), *Buildingvirtual communities: Learning and change in cyberspace* (pp. 1 – 17). Cambridge: Cambridge University Press.

Singer, J., Marx, R. W., Krajcik, J. S., & Clay-Chambers, J. (2000). Constructing extended

inquiry projects: Curriculum materials for science education reform. *Educational Psychologist*, 35 (3), 165 - 178.

Slotta, J. D. (2004). The Web-based Inquiry Science Environment (WISE): Scaffolding knowledge integration in the science classroom. In M. C. Linn, E. A. Davis, & P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 203 - 231). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Smithey, J., & Davis, E. A. (2004). Preservice elementary teachers' identity development: Identifying with particular images of inquiry. In Y. B. Kafai, W. A. Sandoval, N. Enyedy, A. S. Nixon, & F. Herrera (Eds.), *Proceedings of the 6th International Conference of the Learning Sciences* (p. 635). San Diego: Lawrence Erlbaum Associates.

Songer, N. B. (1996). Exploring learning opportunities in coordinated network-enhanced classrooms: A case of kids as global scientists. *The Journal of the Learning Sciences*, 5 (4), 297 - 327.

Spiro, R. J., Coulson, R. L., Feltovich, P. J., & Anderson, D. (1988). Cognitive flexibility theory: Advanced knowledge acquisition in illstructured domains. In *Proceedings of the Tenth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 375 - 383). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

The Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5 - 8.

Thomas, G., Wineburg, S., Grossman, P., Myhre, O., & Woolworth, S. (1998). In the company of colleagues: An interim report on the development of a community of teacher learners. *Teaching and Teacher Education*, 14 (1), 21 - 32.

Vrasidas, C., & Glass, G. V. (2004). Teacher professional development: Issues and trends. In C. Vrasidas & G. V. Glass (Eds.), *Online professional development for teachers* (pp. 1 - 11). Greenwich, CT: Information Age Publishing.

Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity.* Cambridge: Cambridge University Press.

Wise, A., Chang, J. - Y., Duffy, T. M., & del Valle, R. (2004). The effects of teacher social presence on student satisfaction, engagement, and learning. *Journal of Educational Computing Research*, 31 (3), 247 - 271.

Wiske, M. S., & Perkins, D. N. (2005). Dewey goes digital: Scaling up constructivist pedagogies and the promise of new technologies. In C. Dede, J. Honan, & L. Peters (Eds.), *Scaling up success: Lessons learned from technology-based educational improvement* (pp. 27 - 47). New York: Jossey-Bass.

第33章

551

推　　广

——超越理想环境、挑战实践情境的创新

克里斯·戴德

"推广"指的是将一个环境中的成功创新有效地应用于广阔的情境中。与其他社会部门的经验相比，在教育中成功应用推广项目要困难得多（Dede，Honan & Peters，2005）。某个快餐店在一个地区的成功创新，会很容易迁移到类似经营方式的每个商店，也可能适用于其他同类型的任何餐厅。然而，一个教学实践者成功的新教学策略通常在同一个学校的其他教师那里都很难推广应用，更不用说广泛推广了。总体上，创新越复杂，情境范围越广阔，新的实践，即试图弥补原始环境与其他环境差距的变革就越可能失败，虽然它的实施可能是有价值的（Moore，1999）。换句话说，教育迁移的推广设计必须避免威斯基和珀金斯（Wiske & Perkins，2005）所说的"循环陷阱"（replica trap）：总是重复做相同的事情而不考虑本地需求的变化与环境的错误策略。这要解决重要性（在横跨相当远的不同地区使用大致相当的资源，从而培育在各种环境下进行变革所需的必要条件）和差异性的问题（环境中的差异和不利条件）。

在课程与教学创新的情境下，科伯恩（Coburn，2003）认为推广包含四个相关的维度：深度、持续性、传播以及主体转移。**深度**指的是课堂实践中深层的必要的改变——更改教师的信念、社交交互规范和教学法。**持续性**指在连续的时间段里维持这些必然的改变。**传播**指的是在大量的班级和学校中推广创新。**主体变化**要求各个地区、学校以及教师作为创新的主体，使创新的影响深入、持久并传散开来。扩展科伯恩框架的第五个可能的维度是**发展**，在创新的发展中，使用者不断对其修订，在修订的过程中重塑原来设计者的思想，构建产生创新的实践共同体。

552

本章定义的个体教育创新与系统改革的推广不同。大量的学术文献认为系统改革面临着诸多挑战，包括整个教育的任务、目标、过程、人员和产品（Berends，Bodilly，& Kirby，2002）。通过系统改革推广一系列的创新，改变它们应用的整个情境，使其适应当地的条件，进而确保改革的整体性和有效性。当一种

改革应用到与先前改革类似的教育环境中时，因为缺乏先前改革的成功条件，所以创新的推广措施越一致，推广成功的可能性就越低，面临的挑战也越大。在本章中，笔者将讨论个体教育创新与系统改革两种类型的推广。

教育环境中推广的类似概念框架

有机体、创新或组织对本地环境的适应，在自然界与人类环境中都是基本的现象。关于不同类型适应的比较有助于理解教育环境推广的具体案例。为了给教育改革的适应性构建一个相似的概念框架，本章借鉴了生物学和社会科学研究中有关适应的观点。

生物的适应与人的适应在速度和意向性程度上都是不同的。经过较长时间，生态系统的变化会导致物种对其栖居的特定环境的适应（Moya & Font，2004）。例如，在自然环境中，昆虫保护色的变化，意味着这种特殊的形式可以提供更好的保护作用，增加它生存的机会。结果，通过长期的自然选择，这种保护色在这种昆虫中变得更加普遍。相比之下，恐龙生活环境的变化太强烈而无规则，以至于各种恐龙都不能及时产生相应的变化，从而适应环境变化而存活下来。在生态系统中，适应是一个由自然选择驱动的没有目的的、漫长的过程；物种的变化是自然发生的，而不是刻意设计与实施的。

在人类环境中，人们对情境条件的适应过程（与生态系统）有相同的地方。例如，在现代经济快速变化的情境下，许多商家必须频繁地改良其产品与生产过程，以保证他们的竞争性与生存性。另一方面，这些商家的员工对各种知识或技能的重要性的认识也不尽相同。一些工人有意识地去提高他们的综合技能以适应变化；其他不愿或没有能力改变的人，就会失去工作。与生态系统中缓慢和无目的的自然选择过程相比，人类进步的情境改变、组织回应以及个体适应有时是有意的，有时是无意的，这（种现象）在过去几十年间显著加剧（Levy & Murnane，2004）。

对于自然界和人类环境来说，适应的成功与失败决定了情境本身。在系统化过程中，生态系统中的各种植物动物群的相互作用，通过各个物种普遍变化而不断发生改变。例如，在森林中松树掉到地上的松针会阻碍其他种类的树的生长。与此类似，各种商业的兴旺或衰落也决定了社会的特征。例如，一个工厂的成功所创造的区域性条件（例如，繁荣的经济、熟练的劳动力以及便利的铁路运输）有利于其他工厂的开办。情境与有机体或组织之间三者的相互作用是一个彼此适应的复杂的长期过程（Midgley，2003）。

调整各种由来已久的内在政策与规则以适应组织情境的改变，需要有复杂的适应形式。如果环境变化不大，许多机构就能够在标准程序和人力资源能力方面相对容易地作出较小的调整。例如，为了减少成本，一个加工厂可能会由保持大

553

量零件库存的做法转变为使用及时调整的供给系统。此系统建立在复杂的跟踪机制之上，并要求保持与供应商的持续沟通。工厂的产品及加工部门之外的工人的作用保持不变，但加工部门（供给方式）已经发生变化了。然而，情境的更大改变可能要求（加工厂）有目的地在目标、产品、政策、规则以及人员方面作出调整以适应整个组织。例如，制造企业会调整整个生产线以适应市场条件的变化，这种调整几乎影响工厂内的每一个人。这种变革性的变化对于任何一个企业来说都非常困难；组织创新方面的学术文献很好地阐述了这种快速的、间断性的制度变革面临的挑战（Agyris，2004）。

尽管有这些差异，生物适应与社会适应都有基本的相似点。有机体、人的认知与情感过程、组织的和情境的系统模式都是基于嵌套的、相关的、长期动态的加强变革（积极的反馈循环）或抵制变革（消极的反馈循环）的相互作用。这两种反馈都是很重要的，但变化的抵御机制往往占主导地位，以求维护实体的完整性，并强化生存。对于变革的保守回应在教育环境中是特别明显的（Senge et al.，2000）。例如，美国地方社区曾经通过一种轮换机制来实施对公共学校的控制，例如学校委员会。结果，即使个别社区的创新比国家教育政策下的国家创新更加容易，但要获得连贯、持续的意愿与资源去实现全国的变革性变化却是极其困难（Tyack & Cuban，1996）的。在历史上，那些使用国家政策来塑造教育体制的国家在变革过程中遇到了较少的障碍。

虽然变革的优势可以体现在很多方面，但在不同的时期，对变革的抵制通常来自个体和组织所承担的责任。例如，经济学家和高科技企业认为，全球化知识经济的出现，要求教育为毕业生提供不同的技能与知识，而非适合工业文明的最优化的技能与知识（Levy & Murnane，2004；Partnership for 21st Century Skills，2003）。目前许多国家的教育改革都强调基础技能与宽泛浅显的内容，而不是强调那些基于对少数核心原则深刻理解的高阶技能（Dede，2003；Sawyer，2004；Sawyer 的结论，本书）。超越抵制变革的过程以促使新行为的进化，这对于个体而言是挑战，对于组织机构而言更加困难，因为组织机构的体制政策、做法都要改变，执行这些政策的雇员也必须改变。不足为奇的是，由于现代社会的快速变革，组织与物种相比更容易灭绝（Klein，2000）。

为了应对环境变化中出现的对地位和生存方面的威胁，个体与组织都在寻求获得塑造所处环境的能力。国王与独裁者利用国家政策和文化信仰来增强他们的个人权力。为了其自身利益，企业可能寻求在产品与服务上的垄断地位，可能尝试改变政府的政策，也可能试图改变社会文化。

554 反过来，人类环境也经常通过文化与经济机制来塑造个体和组织在社会中的繁荣方式。例如，成功的人士和繁盛的组织，其特征与能力在资本主义与社会主义经济中是不同的。而且，国家可能寻求营造更大的全球化情境去减小对其地位与生存的威胁。因此，将一个特定的实体看作是其他实体适应的情境（例如，

与其组织相适应的国家），还是适应情境的实体（例如，由其在全球文明情境下的作用所确定的国家），都取决于分析视角。

总之，参考概念框架建立在如下基础上，即：成对的、周期的、层级嵌套的、长期的、支持变革和抵制变革的过程，这种过程能够模仿个体、创新与组织的行为，从这种模仿方式中能够看出他们进化过程中的相互关系和发展的能力（Morecraft & Sterman，2000）。将这一模型策略应用到自然与社会的各种系统过程中，得出了以下的深层结论：

- 情境通过奖励或抑制不同的行为来塑造其中的实体（有机体、人、组织），例如，知识经济为个体获得 21 世纪的技能提供了物质基础，这反过来又影响了学校的任务（Partnership for 21st Century Skills ，2003）。
- 实体通过改变那些受到环境加强或抑制的行为来改变自己的特征，进而影响环境。例如，受教育水平较高的父母倾向于为他们的孩子选择好的学校，也赞同社会投资教育的活动，这是一个自我增强的反馈循环。
- 在社会环境中，交互的增强反馈循环近几十年不断加快创新的速度，也不断扩大情境、组织与个体的变化（例如，知识经济的快速发展相对于工农业经济发展）。泰益克和库班（Tyack & Cuban，1996）记述了教育制度中许多抵制变革的特征，库班（2001）进一步阐明了基于信息技术的教育创新面临的特定挑战。因为这些因素，最近几十年加速的创新对教育的影响不如社会其他部门那么明显。
- 人们能通过有意改变个体知识与技能来回应环境的反馈。然而，由于受到抵制变革的各种机制的影响，人们很难迅速地改变。例如认知和情感方面的因素，就限制了教师快速、彻底地获得一种在学校能成功应用的非习得性行为，这种行为是在创新改变他们自身背景知识之前而获得的（Spillane，2002）。
- 机构通过修订他们的实践和改变雇员的能力形成策略来回应环境的反馈。然而，由于抵制变革的各种机制，组织也很难以（某些）主要方式迅速改变他们的发展过程。例如，许多学区的多层审查和批准制度让一些实操行为的改变很困难，一些辅助机构（如教师协会）也会通过人力资源、政策和权力的作用来抵制变革。

这些类似概念框架如何指导教育创新推广方面的研究呢？如何将一些在地方教育环境中实施成功的干预有效地应用在其他更大的范围内？这是一个挑战。生物学与社会科学的研究为此提供了成功的策略。

本章其余部分应用这个高阶概念框架来描述和比较学者在研究各种教育案例时使用的分析策略。被选案例的推广应用都很成功。案例源自 2003 年在哈佛举办的“基于技术的教育创新推广邀请研究会议”的报告（http://www.gse.harvard.edu/scalingup/）和由该会议产生的论文（Dede，Honan，& Peters，2005）。

555

推广一系列教学实践与课程范例

1997年密歇根大学、西北大学、底特律公立学校和芝加哥公立学校联合起来改善城市科学教育。作为该活动的一部分，国家科学基金会授权在城市学校建立了一个学习技术中心（http://www.letus.org）。城市学校学习技术中心最初发展了基于实际操作的、基于项目的、技术密集型的课程（Krajcik et al.，2000），接着通过那些参与创新设计的教师，将那些课程推广实施到上述这些地区或其他地区的班级中。在底特律，推广策略包括两方面：一是基于宽泛的专业发展，二是要与学校和学区管理者紧密合作，包括（获取）区中心教育办公室的高度支持。

专业发展活动包括扩大了的夏季工作坊、每月的周六工作会议、课堂协商会以及在线专业发展环境（Fishman et al.，2003）。此外，课程设计本身对教师也具有教育意义（Schneider & Krajcik，2000），并且满足了社区的要求（Moje et al.，2001）。城市学校学习技术中心组也致力于将这些最初的专业发展策略整合融入到范围更大的底特律公立学校的改革中。

通过我们的共同努力，约有65名教师（这个数目占底特律中学科学教师的26%）正在应用这些创新课程与教学法（在底特律市的过去几年里，有85名科学教师在城市学校学习技术中心工作过，但由于晋升与人员的自然缩减，在底特律的约250名中学科学教师中，大约20名教师不再直接教授自然科学这一课程）。这当然是一个推广其他相关课程与教学创新的成功案例，但这也表明，说服大部分使用教育创新的教师去适应它也很困难。

城市学校学习技术中心组开发了一个评价框架，评价创新与其使用的设计情境之间的适合性（Blumenfeld et al.，2000）。这个框架的基本模型是可用的，即人们使用工具或创新策略可以完成工作的程度（Nielsen，1993）。将可用性的三个维度（能力、政策与管理和学校文化）作为基于同一原点（初始点，代表学区当前使用创新的能力）的三个坐标轴，构成一个三维空间。创新被绘入三维空间，它与原点的距离表示成功运用创新能力与学区当前能力之间的差距。

按上述方式来进行概念化，创新的推广包括填补创新要求与组织能力之间的差距。填补文化维度之间的差距（创新与现存规范的差距、信仰、价值与在系统不同水平上的实践预想）可能会给教师与管理者提供机会，获得实践的新视野和与创新特征一致的政策。填补能力维度之间的差距，这一内容可能包括为教师提供专业发展，或者修订活动并重新设计技术以减少进行有效实施所需的新知识与技能。填补政策管理维度之间的差距可能要求改变学校与社区的政策与处理问题的程序，也要求应用创新去改善其与当前实践的适合度。为与底特律学校紧密合作，大学设计小组使用了各种适应来填补可用性之间的差距（Blumenfeld et

al.，2000）。

表 33.1 影响技术在教学中的有效应用的可推广性的潜在因素分类

（Russell，Bebell，& O'Dwyer，2003）

学区	社区对教育技术的态度
	学区的技术视野
	领导层对技术的支持
	技术所需的资源
	技术所需的支持服务
	计算机与通讯的基础设施
	与技术相关的专业发展
	技术与公正的关系
	与技术相关的政策与标准
学校	领导对技术的支持
	校长的教育理念
	校长的技术理念
	校长的技术基础
	学校文化
课堂	教师的教育理念
	教师的技术理念
	教师的技术基础
	教师的人口统计学特征
技术资源	学生家庭（家庭成员对技术的看法）
	学生在家使用（技术的情况）
	学生对技术的满意度
	学生的人口统计学特征

将先前制订的类似概念框架应用到这个案例研究中，或者应用到与推广教育创新类似的议题上，就要求使用结构分类系统绘制创新组织情境的各个部分。结构问题在无目的的变革中并不重要（例如生物进化与无意识的结构变化），但是对设计的组织创新却很重要。例如拉塞尔、贝贝尔和奥德怀尔（Russell，Bebell，& O'Dwyer，2003）研究过他们认为的会影响学区教育技术成功实施的大量因素。

在特定的情境下，不同的因素呈现出不同的重要性。

空间原因排除了所有干扰方面的映射因素，就是层级嵌套结构中的因素。在密歇根大学与底特律公立学校使用的推广策略中就表现出来这些映射的因素。这种映射可以根据干预类型提供真知灼见。干预类型来自小组适应性策略所强调的各种可能性。在这个案例研究中，合作伙伴关系特别强调要影响教师在教育学上的理念，为教师提供技术支持服务和运用技术方面的专业发展机会，以各种方式减少教师与管理者在三个使用性维度上所面临的差距（Fishman，2005）。

557

这个策略强调了推广创新时结盟（alignment）的关键作用（在政策和规则中变化的一致性与相互加强性）。科恩与希尔所作的有效的国家教育改革方法研究（Cohen & Hill，2001），显示了课程、教师专业发展和学生评价三者保持一致的重要作用。不断加强创新之间的相互作用是非常重要的，这影响到每个成功推广创新变革过程中所需要的条件（Dede & Nelson，2005）。抗生素的有效性证明了如下概念：虽然抗生素的药效十分强大，但只敬畏装抗生素的小瓶，或者用它的药丸擦遍全身，或者一次性服用完所有的药丸，都是无效的使用策略，只有按特定的时间间隔来服用药丸才是有效策略。成功教育环境的复杂性和获得这些条件的技巧性是教育者面临的巨大挑战，也是教育比医药等领域进展缓慢的原因之一。深层次的教育创新不像医学接种那么简单。在一系列创新中培养连贯性和一致性，这些创新虽然比不上全面的系统性创新，但同时前者能够为彼此提供成功的条件，这对于推广创新很有效。

本章除了描述不同成功条件之间嵌套的、层级的相互关系的方法外，使用表33.1所示的结构化策略系统的分析，也有助于显示适应性创新是如何由抵制变革和增强变革这两个过程共同塑造的（如前面在类比框架上经深度观察所描述的内容）。例如，提供涉及克服底特律公立学校信息管理系统部门面临的各种问题的技术支持服务，该部门对技术的基本结构负责。将创新与学区内已经开始的更大情境中的系统变革联系起来，就能提供一个加强变革的机制来解决创新中大家所关切的问题。

城市学校学习技术中心的一个目标就是影响学区的参与，一方面通过执行技术密集型的、基于调查的课程单元来直接影响，另一方面通过完善学校的政策与文化来建设使用教育创新的能力，让学校做好准备以适应未来类似的创新。在类似概念框架上的深度观察表明，在进化中包含了两个实质因素：一是教师重新界定专业地位的能力，二是学区为适应实践与人力资源管理方面的变化而改变政策的能力。对政策和文化的可用性框架的强调，反映出密歇根大学与底特律公立学校的伙伴关系在调整潜在系统动态变化方面的重要性，而不是侧重于针对具体创新的肤浅的政策和实践变化。这样一个适应创新的策略是推广系统改革的基石，我接下来探讨这一点。

推广创新与最初系统改革的比较

在本章开始我就叙述过，将一个简单的创新推广至学校或学区，不同于在教育组织中实行全面的系统化改革。一方面，在单一情境下对孤立干预的适应缺少某些成功所需的条件，另一方面，通过一系列来自他们成功经验的创新来改变整个学区的情景；我们通过对上述两方面的对比研究，凸显出两种教育发展在策略上的相似和差异。新泽西的联盟城市学区的改革是系统改革中创新与适应结合得非常好的研究实例。

正如卡里格、霍尼和索普（Carrigg，Honey，& Thorpe，2005）描述的：

558

> 1989 年，联盟城市学区是新泽西区里表现倒数第二的学区。在国家用于评价学校系统功效的 52 个指标中，它有 44 个未达标；事实上，新泽西州曾扬言要直接管理这个学区，除非该学区在五年之内实施彻底而成功的重组……但该学区从 20 世纪 90 年代开始，发起了一场持续到现在的学术成就变革，成为一个令人惊讶的成功案例。1995 年，联盟城市学区参加国家八级预备测试的平均分数高出其他同类学区 20%……2002 年，联盟城市学区在多达 50 000 人的新泽西城市中测试分数排名最高。

是哪些方面的系列创新让它取得如此巨大的进步？学区采用了怎样的可在地区间推广的系统改革过程？

此改革最初强调的是读写能力，并将其看作其他各种学习形式的一个前提条件。针对低年级的学生，学区领导在阅读教学方面开展了多种教学与课程创新。同时，教师开始将言语技巧和阅读能力注入到课程的所有领域，采用长期的策略来逐步应用改革创新，学区花了 10 年时间来对中小学的读写教学实施全面的改革。关于读写改革的细节说明可浏览联盟城市学区的网站（http://www.union-city.k12.nj.us/curr/k12curr/escurr/1 -4humanities/index.html，访问日期：2005 -11 -22）。

在某种程度上，由于学生学习成果的迅速提高及对此的良好宣传，学区在改革的整个过程都受益于稳定的政治领导和社区支持。为了推动这项改革，学校领导在改革过程中定期请求获取社区反馈并鼓励父母参与合作。为了帮助教师们在创新中熟练操作，学区（原先的专业发展）转移到专业发展的五阶段模式：意识、实践、分享、同伴辅导与指导。

将系统改革建立在强健稳定的领导阶层、教师的主体身份以及社区支持基础上，是一个常见的系统成功改革的模式。斯奈普斯、杜利特尔和赫利希（Snipes，Doolittle，& Herlihy，2002）关注那些已经在系统范围内获得改善的大型城市和这些地区成功改革的共同因素。他们将促进系统成功改革的地区特征归

纳如下：

- 城市中的一些学区都普遍拥有一些改革的先决条件，例如长期的、稳定的政治与组织领导；学校董事会成员、院长和社区领导者在学生的成绩是首位的这一观点上达成了共识。
- 地区领导在改革推广方面扮演着关键角色，他们通过设定区级目标，让区级和校级管理者对推广结果承担个人责任，在每所学校都采用统一的课程和教学方法，将学校办公室的主要职责重新界定为在学校层面指导、支持、改善教学。
- 改革较快的城区为校长和教师提供早期的和持续性评价的数据，并通过培训与支持帮助他们利用这些数据来改善教学。

559 虽然联盟城市学区比许多参与此项研究的城区要小，但它的案例研究证实了适应改革的成功条件。除了上述已经讨论的因素，为了长期监督学生在读写方面的成长和成就，联盟城市采用了正式与非正式的评价方法（Carrigg et al., 2005）。目标是评价作为个体的学生在能力与学习风格方面的进步。这个学区综合应用了诊断性、形成性以及总结性评价。在某种程度上来说，由于诊断性测量与形成性测量是用于改善并实施个别化教学，所以，学生测试分数的大幅度提高，并不是由具有高利害关系的考试课程所带来的。

联盟城市学区的这些及其他方面的案例研究与一个关键的设计原则相一致，戈德曼（Goldman，2005）将此设计原则描述为根本的成功性的系统改革：构建持续的调查过程（基于信息的获取、信息的分析以及为了支持成功或改进不成功的推广所采取的行动）对于教育改革的可持续发展是十分重要的。从那个角度来说，推广就像是生物的进化，但却有更强的目的性：我们想看看突现的改革发生了什么变化，然后为那些成功的改革分配资源。米恩斯和潘纽（Means & Penuel，2005）支持这个基于数据的决策原则，指出推广所需要的研究基础不但要解决“是什么起作用”的问题，还要解决“是什么东西在什么时候起作用以及如何起作用”这一更复杂的问题。他们认为：

> 当地的决策者需要的不是研究平均效应的影响，而是揭示在不同环境和不同情境下的预期效果的研究发现，以及那些可能影响成功的执行因素的研究发现。如果不注意这些将干预措施应用到新环境、新范围中的关键因素中去，而只是关注平均效应，就会产生适得其反的效果。(p. 216)

那些将学生的成就与更详细、更具实践性的执行策略联系起来所获得的发现，也有助于实践者与政策制定者为进一步的改革作出规划。

联盟城市学区系统改革的例子是如何说明推广一个简单的创新与实施系统改革在策略上的差异的呢？系统改革倾向于利用整套创新的相互增强作用和更广泛

的适应性来为创新提供成功所需的条件，利用更长的时限去促进变革的全面制度化。系统改革也使用区域范围的、基于数据决策的发展策略：即对有前途的创新增加投资，减少支持那些未能成功适应这些情境的创新，确定加强变革的过程以支持制度的转变。

在不与当地合作的情况下推广创新

如何在不愿承担全盘系统改革，甚至对单独的改革应用也不感兴趣的环境里来推广改革呢？必须设计一些能在一系列相对不友好的环境中进行有效运作的教育创新（Dede，2004）。这与迄今提出的将一个创新有效转移到另一个环境里的模型是相反的，此模型包含与特定学校或地区的合作，为的是让环境变为有利于适应某个特定设计的场所。推广至典型学校要求进行即使在缺乏成功条件的情况下也能实施的有效干预（例如，支持管理的、合格的、热心的教师，维护得很好的技术基础设施，稳定的生源）。在这些环境下，创新设计的主要意图可能不能按开发者预期的那样进行实施，开发者参与的部分设计可能会被“抛出窗外”。

560 将一个具有可扩展性的设计应用到缺乏或只具备部分成功条件的情境，当其部分实施意图不被采纳时，（为了能让创新广泛地应用）就要加强其效能的健壮性。“抛出设计”（design-for-defenestration）可以在作者及其同事正在进行的研究中举例说明。在国家科学基金会的资助下，我们正在创造并研究图形化的多用户虚拟环境（MUVEs）来提高中学生对科学与社会学两门学科的学习动机（Dede et al.，2004）。

“河流城市”是围绕诸如形成假设、实验设计的高阶调查技能而设计的一个项目，以生物学和生态学中有关国际标准和评估的内容为中心的多用户虚拟环境（http://muve.gse.harvard.edu/muvees2003/）。通过基于设计的研究（Barab，本书；Dede 2005），我们记录了学生是如何通过实境模拟、与数字化博物馆文物的交互、参与历史情境来获取这些知识的。学生学习像科学家那样去行动，通过观察、推理与合作确定问题，形成与验证假设，根据深层原因推论出有依据的结论。“河流城市”的目标是要促进全体学生的学习，特别是不参与该项目的学生和低成就学生的学习。

抛出设计即确定在许多情境中可能被削弱的成功的条件，然后在那些环境下开展大量有成效的设计。例如，在一些多用户虚拟环境的应用中，少数教师会忽视大多数甚至是所有可用的在线专业发展机会。这些教师在随后的实施中普遍会遇到以下问题，例如不理解课程干预的目的与过程，缺乏有关高阶调查技能与基于多种课程标准的科学内容的知识，缺乏领导小组和整个班级进行阐述性讨论的技能，这些讨论技能对学生理解自身的 MUVE 经验和收集到的数据是很重要的。

虽然这些条目听起来非常严格，但在实践情况中，课程干预做得相当不错。MUVE 是为可扩展性而设计的，即使教师有困惑，也能通过建立课程干预来吸引学生，并产生足够的内部指导，让学生具备能自我实现的、自我导向的学习经验（虽然会减少教育成果）。

为了成功改进教师的课前备课条件，我们改进了专业发展的部分设计以增强其可扩展性。例如，我们提出了在线专业发展的简要版本，即一个不堪重负的教师每天可利用 10 分钟的时间来获取重要信息，这些信息可用于指导学生某一阶段的学习经验。我们也设计了多种多用户虚拟环境，在不减弱创新效果的情况下简化教师的角色。

然而，教育创新的某些方面很难通过完善的设计来解决。例如，对于多用户虚拟环境在城市环境中的实施，学生的课堂参与率大约为 50%（虽然在学习经验实施期间，有效的鼓励措施使这一情况得到了改善）。而且，在高利害关系的考试课程和国家规定的“不让一个孩子掉队”的问责性措施的影响下，想要说服那些使用传统教学方法给学生灌输基本技能和知识的学校，安排两个星期的课程时间进行创新实践是很难的。

即使是最好的、最稳健的设计也很难战胜这些挑战。然而，创新者仍尝试在这些因素上取得平衡。例如，多用户虚拟环境下的课程使教师与学生对课程非常投入，使用与高利害关系考试相关的标准内容与技能来组织教学，（这种教学策略）对于那些让许多学校都头疼的学生群体也取到了很好的效果。通过学习，这些学生每年都可能获得适合他们自己的发展。

561 由于场所的原因，排除了将抛出设计策略应用到前面描述的参照概念框架中的可能。然而，这种由分析产生的可扩展投资模式不同于通过合作方式来增强创新能力的策略。在强有力的设计策略中，更多的资源用于发展适应特定环境的创新变量，只有较少的资源用于建构站点的能力。总而言之，多个站点在大范围内对抛出设计策略的迁移应用可能会更有效。但是与特定环境下的推广策略相比，抛出设计策略在开发特定环境下的高层次应用方面效果要差些。

推广教师专业发展的独立情境策略

迄今为止，有关可扩展性的讨论都是围绕大学教育之前的教育课程与教学改革而进行的。有效的推广策略如何满足各种类型的创新和受众？下面以案例研究为例，说明教师专业发展的推广创新不依赖于特定的地方情境，而是适用于世界各地。通过网络运作的方式，WIDE（Wide-scale Interactive Development of Educators）World 项目关注学校与其他环境的建构主义教学实践的专业发展（Fishman & Davis，本书；Wiske & Perkins，2005）。参与者包括实践的教师、教授、教师开发者、管理者和其他积极投身于教育的人士。WIDE World 课程强调在个人的

专业范畴内要积极尝试各种教学框架（http://wideworld. pz. harvard. edu/，访问时间：2005－11－22）。WIDE World 的部分研究项目就是研究网络使用者在利用万维网促进教育改革时如何遭遇挑战并将其解决。

这个创新是针对大部分教师的需求而设计的，为教师提供持续性的指导和支持，最终的目的是为了在实践中产生持续且显著的变化。这种持续性的指导和支持甚至连一些结构良好的教育网站也没有提供。这种短缺在一些被动的、以呈现信息为主的媒介（如网站）中很常见。相反，WIDE World 提供了以学期为单位的专业发展课程，参与者在课程中学习基于研究的教学法，与学生共同应用这些原则来设计新方法，参与者可从指导者那里获取频繁的支持与反馈，与课程同事进行定期的交流和反馈。与突出学术学习的现场或在线的大学课程不同，这些课程关注的是新实践的发展。2004 年秋季，WIDE World 课程共接收了来自全世界 40 个国家的大约 773 位参与者。自从 WIDE World 成立起来，已经有 82 个国家，超过3 000人参加了 WIDE World。

WIDE World 以实现组织创新为目的，因此其专业发展考虑了情境的多个维度，这些情境会影响应用组织创新的尝试。与本章概括的其他分类一致，鲍曼与迪尔（Bolman & Deal，1997）提出一个在促进组织变革时需要注意和协调的四维度分类法：**人力资源**（知识、技能与人的信仰）、**结构性**（角色、关系、时间表及其他形式的组织结构）、**文化符号**（影响意义知觉与幸福感的规范、价值观念、符号、仪式及奖励）、**政治**（权力和责任的分配，利益相关者的承诺）。威斯基和珀金斯（Wiske & Perkins，2005）对这个四维度分类法添加了第五个维度：**技术**（工具、技术、材料与其他实体资源）。

鉴于此框架，WIDE World 的设计基于两个核心假设（Wiske & Perkins，2005）。第一，若要改善教育则需要缩小理论与实践的差距：当前对理想实践的认识与真实实践之间的鸿沟（Perkins，2003；Pfeffer & Sutton，2000）。一个策略是培养基于研究的教学法技巧（pedagogical craft），并适应或调整情境以支持世界范围内的变革。威斯基和珀金斯（Wiske & Perkins，2005）认为这要在鲍曼－迪尔分类中的人力资源和技术层面进行投资，同时也要对变化的结构、文化符号和政治维度进行投资。第二，设计必须基于明确的推广模型：设计应如何定位工艺和情境的全部或者部分特征，尤其是当数量和变化方面的问题使其变得复杂时。

56

基于上述假设产生的 WIDE World 的可扩展性模型依赖于人际交互，而非准备好用来构建教师创新能力的材料。WIDE World 使用专家辅导来提供合适的支持和建议，在教师改变处理 WIDE 创新与当地情境互相适应的操作时，促进了学员之间的交互，扩大了由材料提供的支持。

学习在以下过程发生：教员呈现观点，学生完成阅读任务或进行在线模型测试，参与者尝试新的实践、提出设计，参与教员和同伴的在线反思讨论。WIDE

World 课程指导学员设计、应用、评价和修正新的实践，通过与教员、学员交流的多重循环，强调不但要改变学员的看法，还要改变他们的实践。

可扩展性模型面临的挑战包括：

- 财政问题（是否会有足够多的参与者支付 WIDE World 服务费用以维持企业的运转?）；
- 指导者的可得性（是否会有大量的 WIDE World 参与者选择成为指导者，为未来的参与者服务?）；
- 有效性问题（上述描述的学习模型能在多大程度上跨地域地解决本章所讨论的对情境的适应问题?）。

其他提供在线教师专业发展的网站也面临着相似的挑战，例如 PBS 的“教师在线”（http://teacherline. pbs. org/teacherline/），EDC 的“教育技术领导者在线”（http://www. edtechleaders. org/ ）和 TERC 与莱斯利（Lesley）大学合作的“科学在线”（http://scienceonline. terc. edu ，所有网站访问时间：2005 - 11 - 22）。

与抛出设计的观点类似，WIDE World 并不强调一个诸如底特律或尤宁城这样特定的场所。脱境脉化的推广策略具有影响更多观众的潜在优势，但是当所有的支持机制都依赖于媒体传播而不是面对面交流的时候，就会面临产生对实践持续影响的挑战。在这些推广的模型中，越来越多的责任落在远程参与者身上，他们必须对创新和情境作出成功的适应。这不但要选择鲍曼 - 迪尔对结构分类系统所作的那些最重要的调整，还要提出用来加强变化的执行策略，以克服抵制变化的机制。

为研究适应性与可扩展性开发新的分析方法

从事创新研究这一复杂的过程非常具有挑战性。开发新的分析方法以研究适应性与可扩展性，然后检测其有效性与价值，这些都是重要的前沿研究。例如，563 研究人员、政策制定者以及实践者都将受益于建立一个可扩展性的指标，这一指标用于评价教育干预或设计的可扩展性（Dede，2004）。这一指标可以测量教育设计的有效性程度，不管其成功条件是否有衰减，这一点都是可信的。干预情境描述了成功的重要条件，确定干预情境的因素、概括干预效果的程度对每个变化而言都是灵敏的，这个指标能够让最初采用创新方法的人明白，在他们自己的环境中，创新最可能产生什么效果。

这一指标必须对重要情境因素进行有限分类。这些因素可以作为各种教育干预成功的可行条件。表 3. 3 中的结构分类系统是一个例子。成功的条件存在于各级嵌套的教育层次。这个嵌套不但使可扩展性指标的创造复杂化，而且增加了在每一层次上评价该方法的精确性的挑战难度。

幸运的是，对于许多类型的创新而言，相对较小的一组情境因素通常在决定

有效性方面有着非常显著的影响。这个子集中潜在的影响因素可能包括教师的知识内容和教学法、学生的社会经济与语言背景、学生的灵活性与旷课情况以及(基于技术创新的）计算机/网络基础设施的普及程度和可靠性。在这个具备成功条件的子集情境中，检测创新的可扩展性，可能会产生一个起作用的指标，但是只有通过使用真实的数据来调查其可行性，才能决定这种测量潜在的有效性与价值。

对特定情境条件下干预影响的灵敏性评价的核心是统计交互问题。在评价成功条件的灵敏性时，有人会问：干预的效果是否依赖于所选择的情境条件？例如，干预对 SES 低的儿童更有效，还是对 SES 高的儿童更有效？干预的影响是取决于特定教师的能力，还是取决于课堂和学校基础设施的特征？

一个准确的可扩展性指标必须确保在统计模型中包含这样的交互，这种统计模型支撑评价教育干预实施效果的数据分析。如果这种交互在统计学上有显著的效果，那么我们就可以知道所采用的措施对参与到交互中的条件是敏感的。测量在每个交互条件作用下的各种干预的期望效果，可以汇集成可扩展性的整体指标。这个整个指标可用来测量干预效果与成功条件变化的灵敏程度。

将这种方法应用到实践中所面临的几个重要的技术挑战，会使得测量的有效性不确定。第一，目前还不确定应如何将这几个效果的大小（表明对某个特定情境因素的干预影响的变化）汇聚到一个单一的灵敏性与可扩展性指标中。第二，由于成功的条件源于更高级别的层级组织（教室、学校与地区)，对统计数据的整合会变得愈加困难，这种整合对于检测各种条件与正在研究的干预之间的交互来说是必需的。结果，由于成功的条件位于层级组织之上，我们还不太可能在一个单独研究中评估这些条件对处理效果的灵敏性。然而，我们综合许多研究发现，以元分析的方式或许能够实现这一想法。总之，检验新分析方法（例如，可扩展性的指标）的可行性，对于推广研究来说是一个重要的领域，可能会产生对前面提及的用于推广参照概念框架各个方面进行量化的策略。

总结

564

在总结成功推广（Scaling Up Success）会议上参与者的讨论时，戴德和霍南(Dede & Honan, 2005）确定了将某个情境下成功的教育创新应用于更广泛情境的四个关键主题：

- **应对变化**：情境、领导与基金
- **促进所有权**：建立宪法支持；创新制度化
- **培养人的能力**：与合作者和伙伴一起工作；提供专业发展
- **有效决策**：解释数据；建立并应用有用的知识

本章描述了这些主题在四种类型的推广策略中的铰链方式。

为了研究这些及相关的问题，下一个非常重要的步骤是开发一种机制以提供资金，培养教师在研究、实践与制定政策方面的能力。目前，美国的学术资源聚焦在有关临床干预方面的研究，包括研究随机任务——一种促进教育有效性的模型，此模型用于模拟前面讨论的有效促进推广的部分研究。临床试验能够有助于决定推广什么，但不能使那种创新有效地适应于当地的不同环境。但愿这种综合及相关工作能激发业内与业外人士为各种尖端研究提供大量的、持续的支持。相关人士已经意识到以适应性为导向的研究的关键性质。

参考文献

Agyris, C. (2004). *Reasons and rationalizations: The limits to organizational knowledge*. Oxford: Oxford University Press.

Berends, M., Bodilly, S. J., & Kirby, S. (2002). *Facing the challenges of whole-school reform: New American Schools after a decade*. Santa Monica, CA: RAND Corporation.

Blumenfeld, P., Fishman, B. J., Krajcik, J. S., Marx, R. W., & Soloway, E. (2000). Creating usable innovations in systemic reform: Scaling up technology-embedded project-based science in urban schools. *Educational Psychologist*, 35 (3), 149 - 164.

Bolman, L. G., & Deal, T. E. (1997). *Reframing organizations: Artistry, choice, and leadership* (2*nd ed.*). San Francisco: Jossey-Bass.

Carrigg, F., Honey, M., & Thorpe, R. (2005). Moving from successful local practice to effective state policy: Lessons from Union City. In C. Dede, J. Honan, & L. Peters (Eds.), *Scaling up success: Lessons learned from technology-based educational improvement* (pp. 1 - 26). New York: Jossey-Bass.

Cobum, C. (2003). Rethinking scale: Moving beyond numbers to deep and lasting change. *Educational Researcher* 32 (6): 3 - 12.

Cohen, D. K., & Hill, H. C. (2001). *Learning policy: When state education reform works*. New Haven, CT: Yale University Press.

Cuban, L. (2001). *Oversold and underused: Computers in classrooms*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

565 Dede, C. (2003). No cliché left behind: Why education policy is not like the Movies. *Educational Technology* 43 (March—April), 5 - 10.

Dede, C. (2004). *Design for defenestration: A strategy for scaling up promising research-based Innovations*. Chicago, IL: NORC.

Dede, C. (2005). Why design-based research is both important and difficult. *Educational Technology*, 45, 5 - 8.

Dede. C., & Honan, J. (2005). Scaling up success: A synthesis of themes and insights. In C. Dede, J. Honan, & L. Peters (Eds.), *Scaling up success: Lessons learned from technology-based educational improvement* (pp. 227 - 239). New York: Jossey-Bass.

Dede, C., Honan, J., Peters, L. (Eds.). (2005). *Scaling up success: Lessons learned from technology-based educational improvement.* New York: Jossey-Bass.

Dede, C., & Nelson, R. (2005). Technology as Proteus: Digital infrastructures that empower scaling up. In C. Dede, J. Honan, & L. Peters (Eds.), *Scaling up success: Lessons learned from technology-based educational improvement* (pp. 110 - 132). New York: Jossey-Bass.

Dede, C., Nelson, B., Ketelhut, D., Clarke, J., & Bowman, C. (2004). Design-based research strategies for studying situated learning in a multi-user virtual environment. *Proceedings of the* 2004 *International Conference on Learning Sciences*, pp. 158 - 165. Mahweh, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Fishman, B. (2005). Adapting innovations to particular contexts of use: A collaborative framework. In C. Dede, J. Honan, & L. Peters (Eds.), *Scaling up success: Lessons learned from technology-based educational improvement* (pp. 48 - 66). New York: Jossey-Bass.

Fishman, B., Marx, R., Best, S., & Tal, R. (2003). Linking teacher and student learning to improve professional development in systemic reform. *Teaching and Teacher Education*, 19 (6), 643 - 658.

Goldman, S. B. (2005). Designing for scalable educational improvement: Processes of inquiry in practice. In C. Dede, J. Honan, & L. Peters (Eds.), *Scaling up success: Lessons learned from technology-based educational improvement* (pp. 67 - 96). New York: Jossey-Bass.

Klein, J. (2000). *Corporate failure by design: Why organizations are built to fail.* New York: Quorum Books.

Krajcik, J. S., Blumenfeld, P., Marx, R. W., & Soloway, E. (2000). Instructional, curricular, and technological supports for inquiry in science classrooms. In J. Minstrell & E. H. V. Zee (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (pp. 283 - 315). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

Levy, F., & Murnane, R. J. (2004). *The new division of labor: How computers are creating the next job market.* Princeton, NJ: Princeton University Press.

Means, B., & Penuel, W. R. (2005). Research to support scaling up technology-based educational innovations. In C. Dede, J. Honan, & L. Peters, Eds, *Scaling up success: Lessons learned from technology-based educational improvement* (pp. 176 - 197). New York: Jossey-Bass.

Midgley, G. (Ed.). (2003). *Systems theories and modeling* (*Volume II of Systems thinking*). New York: Sage.

Moje, E. B., Collazo, T., Carrillo, R., & Marx, R. W. (2000). "Maestro, what is 'quality'?": Language, literacy, and discourse in project-based science. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (4), 469 - 498.

Moore, G. A. (1999). *Crossing the chasm* (*Rev. ed.*). New York: HarperPerennial.

Morecraft, J. D. W., & Sterman, J. D. (Eds.). (2000). *Modeling for learning organizations.* New York: Productivity Press.

Moya, A., & Font, E. (Eds.). (2004). *Evolution: From molecules to ecosystems.* Oxford: Oxford University Press.

Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. San Francisco: Morgan Kaufmann.

Partnership for 21st Century Skills. (2003). *Learning for the 21st century*. Washington, DC: Partnership for 21st Century Skills. Retrieved November 20, 2004, from http://www.21stcenturyskills.org/downloads/P21_Report.pdf.

Perkins, D. N. (2003). *King Arthur's round table: How collaborative conversations create smart organizations*. Hoboken, NJ: Wiley.

Pfeffer, J., & Sutton, R. (2000). *The knowing-doing gap*. Boston: Harvard Business School Press.

Russell, M., Bebell, D., & O'Dwyer, L. (2003) *Use, support, and effect of instructional technology study: An overview of the USEIT study and the participating districts*. Boston, MA: Technology and Assessment Study Collaborative. Retrieved August 29, 2004, from http://www,bc.edu/research/intasc/studies/ USEIT/description.shtml.

Sawyer, R. K. (2004). Creative teaching: Collaborative discussion as disciplined improvisation. *Educational Researcher*, 33 (2), 12 - 20.

Schneider, R. M., & Krajcik, J. S. (2000, April). *The role of educative curriculum materials in reforming science education*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA.

Senge, P. M., Cambron-McCabe, N. H., Lucas, T., Kleiner, A., Dutton, J., & Smith, B. (2000). *Schools that learn: A fifth discipline fieldbook for educators, parents, and everyone who cares about education*. New York: Currency Press.

Snipes, J., Doolittle, F., & Herlihy, C. (2002). *Foundations for success: Case studies of how urban school districts improve student achievement*. Washington, DC: Council of the Great City Schools. Retrieved on November 27, 2004, from http ://www.cgcs.org/reports/ Foundations.html.

566 Spillane, J. P. (2002). Local theories of teacher change: The pedagogy of district policies and programs. *Teachers College Record*, 104 (3), 377 - 420.

Tyack, D., & Cuban, L. (1996). *Tinkering toward utopia: A century of public school reform*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Wiske, M. S., & Perkins, D. (2005). Dewey goes digital: Scaling up constructivist pedagogies and the promise of new technologies. In C. Dede, J. Honan, & L. Peters, Eds., *Scaling up success: Lessons learned from technology-based educational improvement* (pp. 27 - 47). New York: Jossey-Bass.

第34章

结　论

——未来的学校

R. 基思·索耶

今天的学校大部分是在19世纪和20世纪设计的，主要为工业经济提供工人。在20世纪70年代，经济学家和其他社会科学家开始意识到世界经济正在由工业经济向知识经济转变（Bell，1973；Drucker，1993；Toffler，1980）。到20世纪90年代，教育家开始意识到经济已经不再是20世纪20年代以来的工业经济，而我们的学校实际上还是为这个正在快速消逝的世界而设计的（Bereiter，2002；Hargreaves，2003；Sawyer，待出版）。商业、政治以及教育中的前沿思想家们现在达成了共识，认为必须重新设计学校以适应新的经济，而学习科学正在指向一种新型学校——教授知识社会所需要的深层知识的学校。这种共识引导主要的政府组织和国际机构纷纷发布报告总结学习科学的研究；这些报告包括美国国家研究委员会的《人是如何学习的》（Bransford，Brown，& Cocking，2000），OECD的《知识经济中的创新：教育与学习的含义》（2004），由国际教育技术协会发起的涉及28个国家的一项研究，即“技术、创新与教育变革：全球视野”（Kozma，2003）。

这些能有效地基于学习科学重建学校的团体将确立其在21世纪的领先地位（OECD，2000，2004）。国际教育技术协会涉及28国的研究认为学习科学提出的这些问题非常关键（Kozma，2003）。这些国家的领导者一致认为世界经济已经转变为以创新和知识为基础的经济，必须进行教育改革以帮助社会成功转型。例如，芬兰教育部已经规划了芬兰信息社会的构想，强调合作学习与教学、网络工作、小组工作（Ministry of Education，Finland，1999）。新加坡的《信息技术教育总体规划》将计算机整合至教育的各个方面，目标是帮助学生灵活地、创造性地、合作地进行思考——即众所周知的“思考型学校、学习型国家”的愿景（Ministry of Education，Singapore，2002）。美国的教育系统不像大多数其他国家那样由联邦政府集中控制，因而不可能实施一种新的全国范围的政策；但是很多国家机构和组织正在采取措施。美国国家研究委员会在1999年为《人是如何学

习的》项目提供资助，而美国国家科学基金会在2003年和2005年分别开展两个项目，每个项目花费大约2 000万美元来创建科学学习中心网络，以拓展学习科学研究；本书的许多美国作者正在这些资金赞助下开展研究。

568 NRC、ISTE及OECD的报告有助于建立关于学习科学的共识，但是它们只是必要的前提。它们没有提供关于学习科学研究如何用于建构未来学校的详细步骤。本书开始进行一些由这些报告推荐的重要工作；这里所选用的几章描述了建构未来学校的一些困难。如果你仔细地阅读所有这些章节，你将开始对未来学校形成诸多想法——虽然轮廓仍然比较模糊。在未来10年至20年内学习科学面临的关键问题是概括出未来学校越来越具体、细致的蓝图和愿景。在结论这一章中，我将以呈现一些关于未来学校可能的蓝图和愿景作为开始。由于学习科学的发现已经用于指导建构未来学校的实践，因此接下来我们要讨论学习科学有待解决的一些问题。

学校内外

学习科学具有转变学校的巨大潜力，以便让学生学习得更好更深入，更好地为未来的知识经济时代做好准备，并积极参与未来开放、民主的社会。尽管这些章节没有告诉我们未来的学校将怎样，但却通过介绍如何设计学习环境朝这个方向迈出了第一步。这些章节主要讨论的是“学习环境”而不是“学校”或者“课堂”。学习环境包括学校和课堂，也包括很多非正式的学习情境，这些学习情境长久以来一直存在，并且将与正式教学继续并存。真正的学习科学必须要整合非正式和正式的学习环境，利用所有已知学习环境的优点来建构未来的学校（Bransford et al.，本书）。学习科学家没有踯躅于今日学校的微小变革，而是提出了一个更宏大的论题：今天的学校真的是适合知识社会的学校吗?

大多数学习科学研究者已经投入到改善学校的实践中，他们相信学校改革应该与教师同心协作，关注职业发展，并在课堂中引入新的软件。学习科学家开发了一种新的研究方法论——设计研究法——并在课堂中使用，它要求研究者更紧密地与教师协作，参与到课程开发和教师专业发展与评价的实践中（Barab，本书；Confrey，本书）。

学习科学研究当然也会产生更激进的替代学校的教育方法，学校教育可能会过时，今日的高中校园也许会像经济萧条时期炼钢厂的高楼一样被遗弃。罗杰·尚克（Roger Shank，1999）和西摩·佩伯特（Seymour Papert，1980）认为，计算机技术促进改革的能力非常巨大，很可能我们还未认识它的全部益处，学校就已经消亡。一切都有可能变化：学校可能不再是每个人必须去的地方，学生可能不再按年龄或年级进行分组，他们可以在任何时间、任何地点学习。到2005年，美国22个州已经建立了在线虚拟学校；在2003—2004学年，佛罗里达虚拟学校

(Florida Virtual School) 已经成为该州的第 23 个学区，并且像其他学区一样按学生数目获得预算。在 2004—2005 学年，2.1 万名学生在这里注册了至少一门课程（Borja，2005）。

想象一下，小区的学习俱乐部组织学习者以家庭为单位进行学习，全国所有的学习者通过高速因特网软件彼此连接。这里将没有教材，授课很少，也没有我们今天所知道的课程。"教师"将作为独立的咨询者，大多数时间在家工作，偶尔在学习俱乐部中与特定的学生小组见面。每次会面的性质可能完全迥异，这取决于学生进行的是基于项目的学习还是自我导向的学习。实际上，每一个学习内容可能由不同的学习专家来指导。教师职业也会变得具有多层次性（multitiered)：优秀教师（master teacher）与软件开发者一起合作开发课程，同时兼做学校的课程顾问。学习中心的师资队伍则由独立的签约教员构成，他们的工作不是备课或是评级（grading)，而主要坐在计算机前辅助学生学习，或是去实地(in the field）收集数据（Stallard & Cocker，2001)。 569

教育软件使我们能为每个学生提供个别化的学习经验，当一个教师要负责 6 个班级，每班 25 名学生时，他显然无法做到这一点。精心设计的软件能够了解每个学习者独特的学习风格和发展水平，并呈现适合他的材料（实例见 Koedinger & Corbett，本书)。所以有的学生可能需要较长时间才能学会某个主题，而别人可能会快得多，因为计算机可以根据学生自己的进度提供个性化的信息，例如，可以在学习我们今天课堂的"五年级"阅读课内容的同时学习"三年级"数学。这在今天按年龄分级的教学中是不可能的，未来的学校可能不需要按年龄分级的教学方式，不需要扼制学得快的孩子，也不落下需要更多帮助的孩子，也没有理由让孩子们以同样的速度学习所有的内容。当然，按年龄分级的教室有帮助学生进行社会化的功能，它可以提供交朋友、形成同伴小组、参与集体体育运动的机会。如果学习和学校教育不再是按年龄分级，必然会有其他形式出现以提供这些机会。

1980 年，西摩·佩伯特提出了一个著名的假想，认为如果为每位学生在 12 年教育中使用个人计算机提供的预算升至 1 000 美元，将引发教育变革（Papert，1980，p. 17)；这个预测现在终于隐隐欲现，2005 年，MIT 媒体实验室发起了一项新运动，目标是在 2007 年前发布面向学生的 100 美元笔记本电脑，并在 2005 年 11 月公布了一个原型（http：//laptop. media. mit. edu，访问时间：2005 - 11 - 22)。在 2005 年，AMD 公司发布了价值 200 美元的"个人网络交流机"（personal Internet communicator)，从而将网络化计算带入第三世界的教室中。当 100 美元笔记本电脑面世时，它可以存储一名学生的所有教材和课程材料；随着技术的逐渐发展完善，纸制的教材可能最终会被废弃。

保守的观点认为学校的未来在于引入一种开放的市场竞争机制，在诸多学校之中，地方税收应该拨给那些家长们选择的学校。为了验证这种假设的可能性， 570

像森林之神学习中心（Sylvan Learning Centers）之类的辅导中心开始提供围绕导师和个性化教育软件而组织起来的每天三小时的学习服务，余下的内容由学生带回家在笔记本电脑上完成。因为每个导师一天内可以安排两个三小时的单位时间，因此班级规模缩小了一半而成本却没有增加。因为课程和软件可以集中设计，并且软件可以自动评分，这样未来的导师可以将很多工作丢在办公室——不用像今天的教师那样工作到很晚，并且耗用整个周末来准备课程计划和评分。由于工作的原因，有些父母需要为孩子选择全日制的教学，营利性特许学校（for-profit charter schools）将由此激增，它们都是基于略微不同的课程或软件包进行教学的。特别优秀的教师可以利用其声望来创办自己的“创业学校”（start-up schools），利用部分或者全部学习日组织一二十名学生在家开展教学——其中的佼佼者将对今日的私立精英学校提出严峻挑战，这些教师也能像其他知识工作者如律师、医生以及高层管理人员一样挣更多的钱。

博物馆和公共图书馆可能在教育中起着越来越大的作用，它们可能会得到越来越多的资助，甚至包括部分的财政收入来支持其发展，并转变成学习资源中心。它们可以通过多种方式涉入教育：例如开发课程和课程计划并允许各地的学生通过因特网访问，重新设计其建筑布局作为辅助学校教育的学习环境。科学中心在该领域中已经迈出了这一步，开发了探究式课程和教师专业发展项目，艺术和历史博物馆可能会紧随其后，迅速跟进。

正式学校与继续教育的界限将会更加模糊。当学校学习看起来越来越像工作场所的学徒制和成人远程教育时，高中毕业证书会逐渐失去它对个人的里程碑意义。当 100 美元笔记本和廉价的掌上电脑使在任何时间、任何地点学习成为可能时，16 岁的青少年可以在白天做兼职，晚上上课，就像现在的成人所做的一样。很多知识在工作环境中可以学得更好；这种学习将因其随时随地的可获得性而发生急剧的转变，如新雇员可以在上班时带上笔记本电脑或掌上电脑，这些电脑上装有为在工作场所提供学徒支持而专门设计的软件。专门的学校会受到很大的影响，新形式的便携式即时学习可能会对校园教育模式构成威胁。

上述情境都是假设的。目前尚不清楚学校应该如何变革以迎合学习科学领域中涌现的新研究以及计算机技术为创设这些新学习环境提供的可能性。但是如果不在学习科学的基础之上重塑学校，其他基于这一基础设计的学习环境将会逐渐吸引越来越多的学生，尤其是当营利性特许学校和教育券变得普遍时。即使学校无须面对它们的竞争，学习也将更多地跨越校园围墙发生——在图书馆、博物馆、课后俱乐部、在线虚拟学校或是在家里。

计算机与未来的学校

学习科学家构建了基于科学原理的学习环境。正如我们在本书从头至尾看到

的，精心设计的计算机软件在这些学习环境中发挥着关键作用。尽管如此，学习科学家们知道，50 年来改革家一直在声称计算机将改变学校——实际上这些预测从未实现过。首先是 20 世纪 50 年代，当斯金纳声称“教学机器”使得教师“过时”（1954/1968，p. 22）的时候。此后，佩伯特 1980 年在《头脑风暴》一书中认为，如果给每个孩子一台计算机让他积极建构自己的学习，那么将很难确定教师这一角色还是否存在：“我们今天所知道的学校在未来将不复存在”（p. 9）。然而，20 年后，拉里·库班在 2001 年出版的著作《销得过火，用得太少》（*Oversold and Underused*）阐述了计算机和互联网在推进美国学校教育时的失败。学习科学家现在正在开发的软件会有什么不同吗？

根本的区别在于学习科学家把学习科学作为设计的基础，软件是在在职教师的参与下一起设计的，并且是以学习者为中心的（Quintana，Shin，Norris，& Soloway，本书），而目前教室中使用的绝大多数软件是如微软的 Office 那样的普通生产性软件（productivity software），并不是专为学习设计的。一个可能的实例就是弗吉尼亚科技大学的**数学中心**（Math Emporium），它改建自一个先前的廉价品商店，装备了 500 台个人计算机，每台运行着专门设计的软件来教授微积分、线性代数以及其他学科（http://www.emporium.vt.edu，访问时间：2005 - 08 - 06）。该商场 24 小时开放，并可以通过因特网从外部访问，而且还有大学教授和研究生每天提供 14 小时的帮助。它每年为大约 7 000 名学习数学的学生服务，费用低于讲授课程的一半，而学生们的数学成绩以及满意度都更高。

571

学习科学家与学校密切合作部分原因是设计研究方法论（Barab，本书；Confrey，本书）对研究实践的关键作用，这一方法论允许计算机和程序嵌入到复杂、整合的课程中。学习科学家意识到如果仅仅将计算机视为对现有的讲授式课堂的外挂（add-ons），将永远发挥不了它们的全部潜能；这就是他们投入到设计整个学习环境这一艰难工作的原因——而不像前几代教育软件设计者那样开发单独运行的计算机软件。

课程

二年级数学或者六年级社会研究课应该教些什么呢？学习科学家已经发现，对一个成人职业者来说极为简单的事情对一名学习者来说并不一定就简单。专家认为的那种从简单活动到复杂活动的顺序未必就是有效的序列。学生们带着朴素理论和迷思概念来到学校，在上学期间，他们要经历一系列认知发展阶段。而教材和课程在学习科学家着手揭示认知发展与教育的相关性之前就已经设计好了。

在下一个 10 年至 20 年，将会出现基于学习科学的基础教育课程体系。主要的研究基金应该用于资助那些旨在识别各学科中最有效的活动和概念的特定序列的研究。例如，科布和麦克莱恩（Cobb & McClain）的那一章介绍了一个简短的

单元教学生利用坐标系来表征分布情况的关键特征，但是那仅仅是我们想要学生从12年的数学教学中学习的一个小片段。当然，开发这些新的课程需要一个涵盖各个年级各个学科的研究人员团体，他们需要在孩子们认知能力发展和在实践情境中建构深层知识的研究结果的基础上，来确认材料的最佳展示顺序，以及最有效的学习活动。

联邦机构和私人基金会将需要协调以确保研究涵盖各个学科和各个年级，同时避免重复劳动。例如，资助五个研究十年级生物教学的学习中心，还不如资助五个针对不同年级或不同学科的研究。NSF和美国教育部传统倾向于资助实地取向（field-driven）的教育研究——以作为对全国学术圈中涌现的重要观点的回应。但是两家机构的资助对象正变得越来越集中，以引导全国的研究工作覆盖所有年级和所有的学科领域。

572 与课程问题相关的是关于内容范围的敏感话题——学生在每个年龄阶段应该学习多少材料，多少主题？在教授主义中，关于课程的争论几乎全部是关于范围话题——每个年级应该学习什么，学多少。但是这种对知识范围的关注可能是种误导。国际数学和科学能力趋向调查（The Trends in International Mathematics and Science Study，TIMSS）每四年将50个国家的学生在数学和科学中的成绩进行比较，调查结果表明，美国的科学和数学课程比其他国家包含了更多内容——但这一研究显示，学生的能力不但没有加强，反而要比其他国家差（Schmidt & McKnight，1997）。与其他国家相比，美国科学课程是"一英里宽一英寸深"（Vogel，1996，p. 335）。每个主题单独进行教授——结果学生在进入下一个主题时就已经忘记了前面的知识。TIMSS的研究数据表明，那些更强调集中、连贯和深层策略的国家的孩子在数学能力方面总体上要比美国孩子好（Schmidt & McKnight，1997）。这与学习科学的发现是一致的，这些发现认为学生掌握了如何思考和利用已学知识解决实际问题的深层知识时，他们能学得更好。

学习科学近期面临的一个任务是确定各个学科和各个年级要学的课程内容，然后设计一种整合、连贯与统一的课程来替代现有的教材。学习科学的研究可用来识别每个年级应获得哪些深层知识。这些课程包含的单元数更少，并且较少采用线性排列，而每一单元将花更多时间。这将会是一种政治性挑战，因为有些人会将它视为删节了课程内容，"愚化"或者降低了对学生的期望。在美国，政客和学校董事会经常通过添加课程内容来回应社会对教育的种种忧虑——这促成了"一英里宽一英寸深"的现象。这需要一种政策辩论方式的范式转变，学习科学家应该为此作出积极贡献。

未来的教师

学习科学关注学习和学习者。相反，许多教育研究者关注教师和教学，并且

这些读者可能会留意到本书描述的课堂活动可能对教师有很大的挑战性。我们如何才能找到足够的合格教师来满足未来学校的需要？未来的教师将是知识工作者，有着跟其他知识工作者如律师、医生、工程师、管理者以及顾问同等的技能。他们需要深入理解关于学生如何学习的理论原则和最新知识，也需要熟悉职业科学家、历史学家、数学家和文学评论家的真实实践。他们也应该享受和其他知识工作者相当的工资水平，否则这个职业很难吸引能够教授深层知识的新教师。未来的教室需要更多的自主性、创造力以及更多的内容知识。

在许多国际学校中，一些围绕教育技术的最佳实践正在涌现（Kozma，2003；Schofield & Davidson，2002）。这些课堂采用真实的、情境化的、基于问题解决的教学活动，而不是教授主义课堂中传递—接受式的教师讲授。在这样的课堂中，你将看到教师给学生建议，构建支持学生活动的脚手架，以及监控学生的进度，会看到学生积极参与到项目中，管理、引导自己的活动，与其他的学生协作，偶尔也会向教师求助。

未来的教师将是训练有素的专家，熟悉技术，并且对学科有着深入的教育理解，能够灵活应对每个课堂中出现的独特问题（Sawyer，2004）。他们将领导学生团队，就像企业的管理者或是工坊的老板，让学生为全面参与知识社会做好准备。

推广

573

学习科学家通常都相信，不能离开情境来研究学习。但是这产生了一个难题：如果学习总是对应于特定的情境，那么研究应如何形成可持续应用的成果，以便在大批量的学校中流传并采用呢？大量享受高薪的大学研究人员与助理投入设计实验（design experiment），确实可以改变一个学习环境、教室，有时甚至是整个学校。但只有设计实验产生了只需要少量修改便可以应用到许多其他学校的课程和软件时，才会发生系统的变革。

随着研究成果的不断积累，学习科学将最终产生新的课程材料、软件产品、教师专业发展课程以及对深层知识和真实推理能力的评估方法。本书总结了一些学习科学实验室开发的可供大范围内使用的课程，如克拉伊切克的基于项目的学习、林的知识整合（knowledge integration）、科洛德纳的基于设计的学习（Learning by Design）和柯丁格的认知导师（cognitive tutors）。

通往未来道路上的阻碍因素

预测未来的学校是什么样的，现在还为时尚早。但有两件事是可以确信的：首先，学校最终必会发生变革以满足现代知识社会的需求；其次，学校这一复杂

的机构已被证实对改变有着惊人的抵制作用。从教授主义到未来学校的道路将是漫长而不可预测的，但是有些阻碍却是可以预见的。

学校与学习科学之间的不相容性

在即将出版的另一本书中，柯林斯和霍尔沃森（Collins & Halverson，准备中）提出了当今公立学校的一些明显特征，认为这些特征可能使它们对学习科学引发的必然变革进行抵制：

统一学习与个性化。学校是基于每个人在同一时间学习同样内容的设想之上的。课程已经建构好了，因此，每个人在相同时间里阅读课本中同样的页数，并且在同一天进行同样的考试。但是在未来的学校中，每个学习者会接受到个性化的学习经验。

教师作为专家与多样化的知识来源。在学习科学倡导的建构主义和基于项目的学习中，学生从各类资源中获得专门知识，如从互联网、图书馆，或者通过与职业工作者的 e-mail 交流来获取知识，教师将不再是教室中专门知识的唯一来源。但是今天的学校是基于这样一种理念、教师是无所不知的专家，并且他们的工作就是将他们的专门知识传递给学生。

标准化评估与个体化评估。今天的评估要求每个学生在同样的时间学习同样的内容。标准运动与由此引起的高风险测验（high-stakes testing）正在促成评估的标准化，而学习科学与技术使学生拥有个性化的学习经验成为可能。个性化与知识来源的多样性相结合，能使学生学习到不同的知识。学校因为责任关系将仍然需要评测学习，但是我们还不知道如何将责任与个性化的学习相协调。

574

头脑中的知识与分布式知识。在真实世界中，人们通过经常阅读书籍、论文以及使用技术可以表现得聪明、理智。在绝大多数职业中，知识工作发生在团队合作和组织中，因此，每个小时中一个人将与他人交互好几次。但是在今天的学校，有种信念就是，学生应该在不借助任何外部资源的情况下，独立完成任务。所以今天的学校文化与知识社会所要求的情境知识不相匹配。

连接个体知识和小组知识

科学家强调在小组中学习的重要性，部分原因是绝大多数知识工作发生在复杂的组织中。但是这在小组工作与个体学习之间产生了张力。许多心理学家关注个体学习，并认为所有的知识都是个体知识。对这些研究者来说，学习科学最主要的就是研究个体如何学习，而将社会情境视为次要因素，是个体基本心理过程的潜在影响因素。但是，有些学习科学家驳斥了这种个体主义观点，认为知识在某种程度上都是小组知识，因为它总是在社会文化情境中使用（例如 Rogoff，

1998)。

学习科学在这个问题上整合了很多截然相反的观点，从认为知识蕴涵于心理过程中的认知心理学家到认为无法识别与情境社会实践相对应的心理结构的社会学家。但绝大多数学习科学家在这场争论中持折中的态度，他们认为要充分理解学习，需要将个体认知分析与社会交互分析结合起来，即格里诺（本章）提及的“情境化”的观点。但是，在研究的重点应该置于何处、关注个体学习有多重要等问题上，学习科学家们依然存在着分歧。

个体学习一直是学校教育的重要目标。尽管个体在社会和协作情境中能比单独时学习得更好，但是学校仍旧依据某些形式的个体化评估来评价毕业生的表现。学习科学强烈建议，今天的评估在设计导向上是错误的，这部分是因为他们将个体从有意义的情境中孤立出来了。新的评估内容应该包括个体在小组中工作的能力，管理多样化背景的能力，或者在复杂、快速变化的环境中沟通的能力等。但是，尽管评估的新形式可能将个体置于小组中，我们仍需要从小组参与者中对个体学习者进行区分。

评估与责任

在今天的高风险测验环境中，学习科学研究者需要阐明他们的方法以让学生产生更好的学习效果。学习科学认为今天的标准化测试有很多不足，因为它们仅仅评估教授主义强调的表面知识，而没有评估知识社会所需要的深层知识。标准化测试本质上只能对非境脉化和割裂的知识点进行评估。例如，数学课测试不评估基于模型的推理（Lehrer & Schauble，本书）；科学课测试既不评估已有的迷思概念是否确实被修正（diSessa 本书；Linn，本书），也没有评估问题解决或者探究技能（Krajcik & Blumenfeld，本书）。只要学校对学生进行的评估还是基于学生在这些测试中的表现和成绩，那么它们就很难真正抛弃教授主义方法。

学习科学面临的一个关键问题是，如何针对今天知识社会所需要的深层知识设计新形式的评估（Carver，本书；Means，本书）。一些学习科学研究者正在开发关注深层概念理解的新评估方法。例如，莱勒和肖布勒（Lehrer & Schauble，本书）已经开发了一种基于模型的推理测试方法——其课程强调传统标准化数学测验中被忽略的更深入的理解。VNOS（View of the Nature of Science）调查问卷也针对科学实践的深层理解，而不是内容知识进行评价（Lederman et al.，2002）。

575

在那些每天使用计算机的教室中，利用安装于每个学生个人计算机中的软件，可以构建一种新的评价方式，即将评价功能内置到软件之中。学习科学发现，有效的教育软件必须紧密跟踪学生正在建构的知识结构的有效性；并且不管这种跟踪如何实现，最终都以一种简明易懂的缩略形式展示给教师。基于新的学

习科学的软件正在探索如何在学习过程中根据学习者的相关操作，如移动鼠标、点击鼠标等，来跟踪深层学习——这就给在学习过程中进行评价提供了可能，而不是采用额外的多项选择式的测验（例如，Cobert，Buckley，& Dede，2005）。

这些新形式的评估代表了学习科学研究的前沿。继续这项工作是未来的一个关键任务，不仅在研究情境中，也应该在决策领域——与标准化测试的开发者以及国家教育委员会一起，共同开发大规模的标准化测试。开发测试标准是一项复杂的任务，例如它涉及信度和效度的检验，而且它要求学习科学家与心理测量学家、决策专家携手工作。

新的方法论

随机分配学生到一种新的教育干预或传统课堂的实验研究仍被作为黄金法则来评估什么对提高学习最有效。许多教育者和政治家近来将医学研究模型应用到教育中（Shavelson & Towne，2002）。医学模型启示我们，并非所有的研究必须要有控制实验。医学研究大致分五个阶段进行：

临床前期：使用多种类型的方法论进行基本的科学研究。

阶段 1：可行性。如何实施处理；合适的施加程度是多少。这同样需要使用多种方法论。

阶段 2：初始功效。它的效果如何？通常会使用准实验研究方法。

阶段 3：随机的控制实验。在这里，控制实验这一黄金法则用于证实处理的功效是必要的。

阶段 4：继续评估并进行后续研究。

学习科学现在仍然处于研究的临床前期和阶段 1，有些受到好评的工作已经进入阶段 2 了。安德森和柯丁格的认知导师（本书）已经进入阶段 3，但是他们的研究已经进行了 20 多年（Cherniavsky，2005）。实验研究不足以创造未来的学校，有以下几个原因（参见 Randenbush，2005）：

1. 学习科学研究者仍然处于识别学校目标的临床前期：即我们期望学生达到的认知发展和社会发展。仅靠实验方法不足以帮助我们精确而清晰地识别我们需要学生学习的知识。

2. 由于学习科学家们仍然在设计未来的学习环境，实验方法应用于临床前期和阶段 1 的条件尚不成熟。在这些早期阶段中，使用混合方法和设计实验更为适合。进行实验研究成本较高，因此在设计研究的每个迭代阶段都进行实验不太实际。一旦构想良好且已成形的新课程研发出来了，这时就比较合适用实验方法来比较它们了。

576

3. 实验方法可以识别输入与输出之间存在的关联，但却不能解释产生那些关联的因果机制——学习的逐级过程（step-by-step processes）。最终，这些方法

也不能为如何提高课程效果和学生成绩提供详细的、针对性的建议。

一项典型的学习科学研究项目至少需要在教室中进行 1 年，有时需要提前 1 年或更长时间来设计新的软件和以学习者为中心的人机界面，在之后还需要 1 年或更长时间来分析大量的录像数据、访谈以及教室中收集的评估结果。许多学习科学家已经开发了用于支持大量复杂数据分析的新技术工具。由巴拉布和柯什纳尔（Barab & Kirshner，2001）编辑的《学习科学杂志》专刊中介绍了这类产品的一些样例。罗思（Roth）创造了一种组织文本、照片、书面记录以及学生作业复印件的数据库；巴拉布等人开发了一种图形工具来表征课堂的网络活动；库利柯维兹和扬（Kulikowich & Young）开发了一个能记录每个学生问题解决过程的时间标记（time-stamped）的计算机软件。许多研究者现在使用 Transana 工具转录和分析数字视频信息（免费下载地址：http://www.transana.org，2005 - 08 - 06①）。用于对数字视频进行民族志分析的新工具也正在开发中（Goldman et al.，待出版）。

本书介绍的研究一般都花了至少 3 年的时间才完成——而且每章的研究案例都形成了很多专著、论文以及研究报告。这是一项复杂、艰难且昂贵的工作。任何一个学者单独完成研究几乎是不可能的，绝大多数学习科学研究是在研究者团队的合作下进行的——软件开发者、教师教育者、研究辅助者一起举起摄像机录像，将录像带转录成文字，学者们过滤筛选数据，每个人都用各自的方法尝试理解学习发生的过程，并提出下一轮中改进学习环境的建议。因为学习科学研究需要大量的人力付出，所以一般由少数几个大学来发起与组织，这些大学中有大量的核心研究人员和研究生，也较容易争取到 NSF 资助的大型合作项目。NSF 认识到这一问题，并于 2003 年和 2005 年建立了几个大型学习科学中心。这种趋势将继续下去，并且在某种程度上使学习科学发展得更像一个“大科学”。

为了创造未来的学校，我们需要更多的研究场所，政府也必须大幅度增加其资助力度。幸运的是，我们已经迈出了关键的第一步：在博士教育阶段培养可以胜任教学任务并开展自己研究项目的下一代学者。这些博士生正在跨学科的学习科学项目中接受训练；他们正在学习如何在更宽大的理论框架和研究方法的基础上，将学习科学理论与实践的基本问题，如课堂组织、课程与软件设计、教师教育以及评估等结合起来。

教育目标与知识本质

577

工业经济的逝去使教授主义强调的陈述性知识与程序性知识不再够用了，学

① Transana 是一个跨平台和定性分析转录音像资料的工具，现在已经不再提供免费下载。——译者注

生还需要深层知识：思考和推理的能力，在日常生活实践中使用知识的能力，以及现代社会中越来越重要的深入理解科学和技术系统的能力。构成学习科学基础的知识理论来自认知科学和相关的知识工作研究，并且涉及表征、知识结构、专家实践、概念以及理解的理论。

本书绝大多数章节主要是关于数学和科学学习的。学习科学家关注科学和数学，可能仅仅是因为这样的研究可以争取到更多的政府资助（Kolodner，个人交流）。但这也提出了一个重要的问题：相同类型的知识是否也适用于诸如历史、文学以及艺术等学科？学习科学研究者大多认为从他们有关数学和科学课堂的研究中所产生一般原理也可以类推到所有的知识领域（例如，Bransford，Brown，& Cocking，2000）。但是我们还没有通过研究来确证这是否属实。毕竟，科学和数学知识具有的很多相似特征，未必能在“软学科”（softer disciplines）中找到：科学和数学知识是可以严格加以限定的，具有高度的一致性，并且已经存在详细描述它们的表征形式。历史、艺术以及文学评论中的学科知识则不同，很可能它们需要以不同于数学和科学的方式才能习得。

建立共同体

学习科学这一研究取向还比较年轻——其名称是 1989 年产生的，这一研究传统也仅仅回溯到 20 世纪 70 年代。有一些学者群体参与了学习科学研究，但并没有在其研究中使用这个术语；学习科学共同体应该积极吸纳这些群体来拓展这一研究领域：

- 开发计算机教学软件的**教育技术专家**和**教学系统设计者**的大共同体（large community）。该共同体包括了大学研究者，也包括开发企业培训系统和学校“整合学习系统”的营利性公司。
- 正在研究与学习相关的基本脑功能的**认知心理学家**和**认知神经科学家**的大共同体。今天认知心理学中最重要的研究主题之一就是**记忆**，而记忆研究显然对教育有潜在意义（例如，Roediger & Karpicker，出版中）。
- 正在研究大量与学习相关的心理机能的**教育心理学家**的大共同体。这一共同体中的部分研究者对学习科学的意义尤其重大，比如大学以及教育测试服务部门（the Educational Testing Service，诸如 SAT、AP、GRE 这些广为使用的测试的开发者）中的评价研究者。

当今社会面临的任务就是设计未来的学校，这是一项艰巨的、需要许多不同的实践共同体共同努力的任务。

教育：最难的科学

我们通常把自然科学如物理学和生物学作为“硬”科学，社会科学如心理学、教育学和社会学则作为“软”科学。但是生物学家埃德蒙·威尔逊（Edmund Wilson）指出，社会科学实际上比自然科学要硬得多，因为他们研究的系统复杂得多（1998）。学习科学家们研究的社会系统是现代社会最复杂的系统之一——它包括学生、教师、管理者、父母和政治家，他们在某种复杂重叠的网状模式中相互交织；包括教材、工作表、实验器械、地图、教室海报这样复杂的产品；包括对等级和标准化测试这样用于评估成功的标准；还包括试图确保整个系统根植于学习科学的教育研究者。考虑到这一复杂性，仅有几十年的研究还不足以揭示学习发生的最深层本质。但是我们已经上路，而且未来的学校正在慢慢地成形。

在接下来的 10 年至 20 年间，所有知识社会面临的任务是将学习科学研究转化为教育实践。或许学习科学中出现的最核心的发现将是，如果学习科学仅仅徘徊于教育系统的边缘，而依然置教授主义于中心，是无法触发大的变革的。相反，整个教授主义系统将必须由以学习科学为基础的新学习环境所代替，这还需要做很多工作： 578

- 父母、政客以及学校董事会必须确信变革是必要的。启动变革需要对计算机、软件以及网络基础设施——甚至有可能是某些目前尚无法确定其形式的新的建筑——进行投资。但是变革一旦启动，每年的花费不一定会比现在对教材和课程材料的开支更多。
- 必须重新编写教材（甚至可以考虑改编为笔记本电脑的软件包），以学习科学建议的符合认知发展顺序的方式来呈现知识，并且要将呈现的知识串接为一个连贯、整合的整体，而不是脱离情境的孤立知识。
- 个性化的、即时的学习将引发对学习日的根本性重组，当今学校的很多特征将过时：学校将不再按照年龄分组，学习日将不再被组织为课堂，不再使用标准化测试大批量评价学生，不再要求所有人在相同年龄高中毕业或上大学。许多被普遍认为与教育不直接相关的方面将发生变化，有组织的体育运动、课外活动、班级聚会等将变成特定的学习形式。
- 学校机构与其他社会系统之间的联系可能需要改变，有了网络技术，学习者可以与校外的成人职业者进行交互，课堂活动变得越来越真实并且融入真实世界的实践中。
- 必须重新编制标准化测试以评估深层知识而不是表面知识，并且要考虑到由于个性化的原因，不同的学习者学习不同学科内容。
- 教师教育项目必须为未来学校培养教师。

我们正处于对学习进行研究的令人兴奋的时期。本书由致力于揭开学习的神

秘面纱的学者集体创作。这些研究者自20世纪70年代已经开始了研究工作，建构学习科学的基础——从心理学、认知科学、社会学以及其他学科传统中开始，在20世纪80年代和90年代，越来越多的研究开始与教育者紧密联系，并在学校中展开。20世纪90年代，认知神经科学中的大脑研究已取得快速进步，并有望在不久的将来纳入学习科学中（Bransford et al.，本书）。随着这些学者以跨学科的协作精神开展研究，最后的结果将使我们对人如何学习这个问题产生越来越详尽的理解。一旦对这种理解达成共识，就需要整个社会——父母、教师以及我们和学校均可以信任的管理者和政治家——来共同跨出学校变革的最后一步。

579

致谢

感谢约翰·彻尼亚斯基（John Cherniavsky）、艾伦·柯林斯、斯泰西·德泽塔（Stacy DeZutter）、珍妮特·科洛德纳、芭芭拉·奥尔兹（Barbara Olds）对本章草稿提出的宝贵意见。

参考文献

Barab, S., & Kirshner, D. (Eds.). (2001). *Rethinking methodology in the learning sciences.* Special issue of *Journal of the Learning Sciences*, Volume 10, Issues 1 and 2. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Bell, D. (1973). *The coming of the post-industrial society: A venture in social forecasting.* New York: Basic Books.

Bereiter, C. (2002). *Education and mind in the knowledge age.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Borja, R. J. (2005, May 5). Cyber schools' status. *Education Week*, 24, 22-23.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school.* Washington, DC: National Academy Press.

Cherniavsky, J. C. (2005). *Research on cognitive tutors.* Paper presented at the American Educational Research Association, Montreal, Canada.

Collins, A., & Halverson, R. (in preparation). *The second educational revolution: From apprenticeship to schooling to lifelong learning.*

Drucker, P. F. (1993). *Post-capitalist society.* New York: HarperBusiness.

Gobert, J., Buckley, B. C., & Dede, C. J. (2005). *Logging students' learning with hypermodels in BioLogica and Dynamica.* Paper presented at the American Educational Research Association, Montreal, Canada.

Goldman, R., Pea, R., Barron, B., & Derry, S. (Eds.). (in press). *Video research in the learning sciences.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Hargreaves, A. (2003). *Teaching in the knowledge society: Education in the age of insecurity.* New

York: Teacher's College Press.

Kozma, R. B. (Ed.). (2003). *Technology, innovation, and educational change: A global perspective.* Eugene, OR: International Society for Technology in Education.

Lederman, N. G., Adb-EI-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire (VNOS): Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), 497 - 521.

Ministry of Education, Finland. (1999). *Education, training, and research in the information society: A national strategy for* 2000 - 2004 (ISBN 952 - 442 - 228 - X). Helsinki, Finland: Ministry of Education.

Ministry of Education, Singapore. (2002). *Masterplan* 2. Available at http://www.moe.gov.sg/edumall/mp2/mp2.htm. Accessed August 5, 2005.

OECD. (2000). *Knowledge management in the learning society.* Paris: OECD Publications.

OECD. (2004). *Innovation in the knowledge economy: Implications for education and learning.* Paris: OECD Publications.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas.* New York: Basic Books.

Raudenbush, S. W. (2005). Learning from attempts to improve schooling: The contribution of methodological diversity. *Educational Researcher*, 34 (5), 25 - 31.

Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (in press). Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science.*

Rogoff, B. (1998). Cognition as a collaborative process. In D. Kuhn & R. S. Siegler (Eds.), *Handbook of child psychology, 5th edition, Volume 2: Cognition, perception, and language* (pp. 679 - 744). New York: Wiley.

Sawyer, R. K. (2004). Creative teaching: Collaborative discussion as disciplined improvisation. *Educational Researcher*, 33 (2), 12 - 20.

Sawyer, R. K. (in press). Educating for innovation. *The Journal of Thinking Skills and Creativity.*

Schank, R. C. (1999). The disrespected student, or, the need for the virtual university: A talk with Roger Schank (interview with John Brockman, 8/16/1999), http://www,edge.org/3rd/culture/schank/schank/index.html, accessed August 1, 2005.

Schmidt, W. A., & McKnight, C. C. (1997). *A splintered vision: An investigation of U. S. science and mathematics education.* Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.

Schofield, J. W., & Davidson, A. L. (2002). *Bringing the Internet to school: Lessons from an urban district.* San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Shavelson, R. J., & Towne, L. (2002). *Scientific research in education.* Washington, DC: National Academy Press.

580

Skinner, B. F. (1954/1968). The science of learning and the art of teaching. In B. F. Skinner (Ed.), *The technology of teaching* (pp. 9 - 28). New York: Appleton-Century-Crofts. (Original work published in 1954 in the *Harvard Educational Review*, Vol. 24, No. 2, pp. 86 - 97).

Stallard, C. K., & Cocker, J. S. (2001). *The promise of technology in schools: The next* 20 *years.*

Lanham, MD: Scarecrow Press.

Toffler, A. (1980). *The third wave*. New York: Morrow.

Vogel, G. (1996). Global review faults U. S. curricula. *Science*, 274 (5286), 335.

Wilson, E. O. (1998). *Consilience: The unity of knowledge*. New York: Alfred A. Knopf.

后 记

581

“如何学”之后是“学什么”

西摩·佩伯特

马文·明斯基（Marvin Minsky）素以尖刻而富有洞见的妙语闻名。在一次关于社会科学的谈话中，他曾经说，“任何自称为科学的都不是科学。”被他这苏格拉底式的评论刺激后，这些年来我撰写了一系列文章，这些文章借鉴了其他学科，虽然这些学科没有在标题中强调其科学性，但是这些文章已经隐约浮现出作为一门新科学的特征。基思·索耶把本书定位于继《人是如何学习的》之后，这一新科学——学习科学领域进展中的第二本书（见本书前言）。本文作为我的系列文章中的一篇，作为第二本学习科学著作的后记，也许还预示着会出现在第三本的前言。

对“基本”的认识

我们来看一看光速、声速和高速火车的速度。其中每个速度的概念在其情境中都是**重要的**，但是物理学家会同意第一个速度（即光速）具有成为**基本**(fundamental）概念的典型属性。本书论述了许多关于学习的重要观点。但是我们这一刚刚开始的科学对于哪种思想是**基本的**还未达成一致。

成熟的科学已经确定了关键时刻要关注哪些关键问题，这些问题的解决会产生一些重要的基本理论：光是波还是粒子？数学有一个普遍的决策过程吗？什么是基因密码？每一时期占主流的学习理论都具有类似这些基本问题的地位，例如行为主义、皮亚杰理论和信息加工模式。但到目前为止，所有这些均未能获得持久的认同，也没能在实践中产生实质性的进步。当有可能占据这一主导地位的新理论出现时，学习科学将避开明斯基的刺激。

本文是基于这样一种观点为指导，认为学习科学自身设定的狭窄边界限制了基本理论的出现。我的标题表达了这个观点的一个方面：教育心理学经常关注于人是如何在孤立的情境下学习知识的，而新思想却往往是在建构新情景的尝试中涌现的。当这些可能性出现在社会之中时，我想应该将研究的关注点从人是**如何**

582

（how）学习的更多地转移到人应学习什么（what）。这个问题对于学习科学的重要性反映在本书第三部分的标题——“知识的本质”之中（另见索耶的简介）。是否存在决定儿童应该学习什么的科学基础？知识的什么属性使它或多或少是能被习得或是有助于其他学习？

一个思维实验

爱因斯坦的“正处在一根电缆突然断裂的电梯里”的著名思维实验同他的方程式和实验观察一样可靠。我将阐释这样一个观念：在一个较为成熟的学科化思维实验的文化氛围中，将会通过运用思维实验中的学习来丰富人的思考。

可以设想一下，学习科学家处在用罗马数字进行运算的时代，而且还只有少数人会用乘法，经济发展很慢；学习科学家得到资助，来应用《人是如何学习的》一书中的所有伟大思想，以改观这一现状。毫无疑问，通过更好的教学将会增加具有复杂乘法运算能力的人数，但是还有更有效的方法：阿拉伯数字算术（Arabic arithmetic）的发明，使得先前深奥的乘法技能变成一项基本技能。

值得深思的问题是阿拉伯数字算术的发明与学习科学有何联系？最简单的回答是：**一点联系也没有，它属于数学**。的确，历史上阿拉伯数字并不是因为教育目的而被发明的，但**它们**也可能会因教育目的而被发明。那么我们是否应该将它引入我们学科研究的视野呢？或者考虑这一点：即使学习科学家认为数字表示法的发明属于另一学科，他们在接受资助去研究如何更好地教罗马数字之前，付出该有的努力来确定是否还有其他解决方案，这难道不是他们的责任吗？如果对学科知识的其他结构的研究都没有成为他们的科学的一部分，他们如何胜任这样的研究？

从数论（Math）中解放数学（Mathematics）

这些问题与思考学习科学的边界有关，但是它们仅仅触及了问题的表面。为深入说明这一问题，我们思考一下史蒂夫·平克（Steve Pinker）关于为什么语言比数学更容易学习的观点：

> 从进化论观点来看，是否儿童为学校的数学学习做好了心智上的准备，这样的疑问也许会让人意外。这些数学工具在很近的历史并且只在几个文化中被发明。这些发明出现的太晚，又太局限的话，将难以在人类的基因组中留下印记。

简单地说，平克持乔姆斯基的立场，认为语言学习是先天性的，因为语言足够古老以影响支持它的基因的出现，而代数学出现还没有这么长的时间。我提出另

一个赋予学习科学更多建构意义的理论构想：语言没有给基因组留下印记，反之，基因组却给语言留下了印记。语言在发展过程中得到了改善，以适应已有的基因特征。代数学没有很好地与基因结合的原因是它本身**不允许**与其结合：它是数学家为了他们自己的目的而**创造**的，而语言的**形成**并没有受到语言学家的干预。

这一理论解释了人为何能够创造出代数学的实体（entity），比如阿拉伯数字算术和罗马数字算术（Roman arithmetic）：不同的方式（可能仅对学习者是有用的）达到了相同的功能。**为基础数学创造这类实体的过程是人为的，而对于语言则是自然的。**

这个想法不久前还仅仅是非常抽象的兴趣。随着数字技术的出现，同时结合理论观察，例如，注意到计算机程序语言同时借鉴了代数学与自然语言的功能与结构，这个想法已成为现实。它们在语言形式方面的相似性，表现在两个方面。首先是现在已定的一个事实，即诸如 Logo、Squeak、Boxer 和 ToonTalk（Kafai，本书；Noss & Hoyles，本书）之类的程序语言允许具体思维的儿童操纵计算机完成自己感兴趣的活动。其次，也常被忽略的是，在 Logo 语言的设计标准中可以见到，它用"名词"来表示"变量"，以此减少代数学与语言的认知距离；同时，以使两者都可以利用基因工具的优势，这一点看起来似乎是有道理的。因此，可以说"它"是在做初等代数，而且所谓的语言本能也成了数学本能，这一点可能具有重要的理论意义。

以环境主义为范例

在我成长的过程中，"环境"与"环境主义"（environmentalism）的概念还不存在，当然那时也存在当今环境主义者提出的问题，比如河流的污染、水土流失、森林滥伐甚至温室气体的大量排放。但是这些问题是很小的，变化也极缓慢，因此可以单独的方式来处理。每一个问题的处理都有相应的专业人员，但没有任何一个专业人员有足够处理所有问题的专业能力。直到如 1962 年雷切尔·卡森（Rachel Carson）《寂静的春天》（*Silent Spring*）的发表等诸多事件的出现促进了环保运动，并很快形成了一个真正基本的观点：以一种整体的方式思考影响我们这个星球上的水、空气和土地的每件事。

我相信教育领域也已到了形成与"环境"类似的整体概念的时期，这一概念或许可以称为"理性环境"（Mathetic Environment）——所有因素以不同形式影响着学习。我使用的"理性"一词与"学习"几乎可以互换。这里的"理性"是指与学习相关的意思；希腊语中，词根"math-"的本意是指"博学者"的学习，这些人具有多方面的理性，而不仅指是数学家。

在学习方面，与学习相关的各个方面的专家不少，但是却从来没有人有能力关注学习的所有方面，并视学习为整体开展研究，也没有人作这方面的尝试，当

然到目前为止，这种现象没有什么害处。为了说明我的观点，我首先要引申罗马数字—阿拉伯数字的思维实验，以此为比喻来准确地描述将学习领域进行分块研究的后果。

> 小学数学专家努力工作，致力于解决非常具体的问题，如消除“既然LX比L多10，LIX应该比LI多10”这样的迷思概念。他们中的某个人产生了放弃使用罗马数字的念头，但马上否定了放弃的想法：因为儿童们不能得到高的分数。全国数学教师理事会（NCTM）试图基于新系统设立所有年级的标准。但是大学和家长怨声载道，孩子们没有学习他们所学的“真正的数学”，而且，为低龄儿童准备上学而购买软件花费的钱将会被浪费。此外，国家科学基金会（NSF）的批评家……够了，该怎么办很清楚了。

我使用了一个比喻来说明我的观点，因为阿拉伯数字算术更能促进社会发展，这一点比许多真实变革中类似例子更容易取得一致认同。我的主要观点是要对儿童该学什么这一问题有重大突破，我们就需要跳出彼此割裂的教育系统框架来思考问题。找到这样做的方式是学习科学面临的一个挑战。

理性环境的爱与惧

不能从情感中立的视角来理解环境主义的快速形成。卡森与其他人使人们意识到令人恐惧的危险；我觉得那时我们可能已经很幸运了，因为那么多人一下子接受了“整体”与“自然”这样的概念。而对理性环境而言，我相信引发这一观念转变的触发点可能会让人既担忧又欣喜。我从消极的方面开始介绍，并说明需要警惕的两个原因。

584

在学校中，对计算机使用影响最大的是在校外使用计算机，而且产生了很大的负面影响。每个儿童都能够看到学校使用计算机的方式与越来越数字化的社会中的行事方式不一样。据我看来，学习科学家毫无疑问地应当审视这一点，即对学校越来越多的不满很大程度上是由于意识到了与社会的差异；这一点似乎是一种可信的推测。我在统计数据上直接地看出了这种不满。在美国高校中，学生们宣称他们所学的东西与现实生活并不相关，持有这样看法的学生数量逐年上升。在日益流行的“学习无力”（learning disability）中我也看到了这一现象，与学习无力同时存在的一个事实是，他们在学习复杂的电脑游戏时并不无力。我认为要扭转这种与日俱增的趋势，仅通过“更好地”教儿童正确理解什么才是知识是不够的，而要通过变革教和学的内容来改变。

在指出用于指导新内容选择的原则之前，我要提一下需要警惕的第二个原因。世界上有10亿的儿童可以接触到来自全球的信息，他们在电视屏幕上看到了比他

们优越的生活方式，但却没有学习机会使其成为该生活的一部分。我不确定学习科学在理解这种学习机会被剥夺的原因时，是否会将其更多地原因归结为仇恨、暴力和社会的不稳定。也许在很多情况下这都是显而易见的。我确信的是，学习科学寻求将现代学习带给这10亿人的方式已列入日程，并迅速行动起来。

在我看来很明显的是，这两种警惕原因是由强大的技术引发的，也必须在利用相应的技术的基础之上来加以解决。当然仅仅有技术是做不到的，找到使用技术的正确方法是学习科学面对的最重大可能也是最紧迫的挑战。好在应对这一挑战我们很容易找到一个着手点。

全球范围的儿童都对数字技术有强烈的爱好，他们爱好计算机、电话、游戏机——最重要的是，他们的爱好可以转化成惊人的学习意愿。于是引导这种爱好用于服务教育目标的想法油然而生。不幸的是，这一理想太过诱人，以至于将大量的精力与金钱投入浪费在肤浅的、弄巧成拙的尝试上——例如，将儿童憎恶的内容嵌入到游戏中以试图吸引儿童学习。没有人会被愚弄，我们的目标不是给他们憎恶的数学加上糖衣，而是要提供他们喜爱的数学。

理性环境的丘比特之箭

我因为爱上了数学而成为数学家。我的著作《头脑风暴》(*Mind Storms*) 中有一段描述经常被引用，它描述了我如何因为"过渡目标"(transitional object) 而开始爱上数学——它以类似轮子和齿轮的机制产生作用，并且过渡目标对小孩子可能更有意义。这个想法对于我现在要表述的主题十分关键，最近在经历了两次思想转变之后，更是如此。

直到现在，我一直十分随意地使用"爱上"一词，但它表示的意思不会比"喜欢"更为强烈。第一次转变包括探索学习科学更多字面意义的可能性，以及由此开拓一个完整的学习科学研究分支。最近的脑科学研究提供了鉴别恋爱与婚姻的神经基础的希望。我也建议可以对这些研究加以修改，来探索爱上一个智力话题或观点在神经学机制上是否与爱上一个人存在着隐喻性的相关 (metaphorically related)，或者很多人对某个主题的那种投入与婚姻中人彼此依恋现象是否存在此种相关。假如这些推测多少有点属实的话，那么我们在学校以动机诱发的名义所做的事情很可能是完全错误的。教师尽力使每个学生喜爱我们选择教授的数学。但是，当一个人爱上某一个人时，这与他爱上一般的人是完全不同的——事实上，几乎是两回事。

585

我的第二次转变，与最后的评论有关，修正了我长期以来指导数学教育研究的原则：**与其让儿童学习他们憎恶的数学，不如让他们开发自己喜爱的数学**。那种认为可以开发所有儿童都喜爱的数学课程的想法使我如鲠在喉。相反，现在我的指导目标是教给学生方法，让他们能够找到自己的独特方法来创造自己喜欢的

个性化的数学。

这听起来可能有点像在逃避：社会自然会决定它的成员应该学习什么，而学习科学的工作是促进他们去学习它。再回到从罗马数字算术向阿拉伯算术数字转变的比喻，“社会希望”的目标不是人们能够操作特定运算符号的能力，不管它们是 C、X、V、I 还是 3、2、1、0；社会希望的是人们能够思考数字并使用它们来思考其他问题。这在数学的所有领域中都是成立的，实际上对所有的思维领域也是如此。

当然，这面临着更强烈的反对意见：即使这个目标是完全正确的，但它却没法实现；创造一门数学学科意味着建立一个正规体系（formal system），这往往是只有少数受过良好教育的成年人才能做的。我对这一反对意见的回应也是本文的核心所在：这一异议曾经一度存在，但最近随着另一门新的学科——计算机科学的成功，我们看到这一异议渐趋消解。今天，几百万程序员大军中的每一员都在参与构建计算机科学的正规体系，尽管他们自己未必意识到这一点甚至并未遵循正确的方式。教给儿童计算机编程能力的深层意义是给他们提供工具来做类似的工作。在我看来，无论他们直觉地、含蓄地、天生地知道什么，或者热情关注什么，都能够通过创造一个完全属于他们的正规体系来表达。学习科学让儿童很小就开始学习适当的编程形式的深刻意义在于：第一次赋予了儿童在自由的、无限开放的环境中构建自己的知识与形成自己学习的可能性。

制药、基因、元素与知识

史前时代，我们在大自然中寻遍能够用于治愈疾病的植物，后来我们萃取其中的化合物质，最后我们合成它们。但是直到此时我们仍然在使用独立于我们而存在的物质。近来我们正在开始做一些非同寻常的事情：生产从未存在过的新物质来产生我们想要的效果。在基因中我们可以看到类似的结果，一开始我们通过间接利用基因的某些特征进行物种繁衍，现在则可以直接修改甚至再造基因。炼金术士试图将一种元素变成另一种元素，但没有成功。今天我们只需遵循常规性生产技术，就可以产生出从未存在的元素。

过去的教师教授独立于学生存在的知识结构。我曾经主张学习科学也许应该和化学家、生物技术学家以及物理学家一样，有目的地设计一种从未存在的**理性意图**（mathetic intent）的知识结构。课程设计者可能会声称他们一直都是这样做的。这两种做法之间的区别可能是模糊不清的，但我相信作这样的区分是值得的，并且也值得去研究如何更好地进行区分。我认为从罗马数字向阿拉伯数字的转变不足以称为建构一门“新的算术课程”，因为那种转变在性质上与此迥然不同。在本文结尾，我认为建立指导这一转变的概念框架可能是我们这一科学要承担的关键任务。拥有知识的不同理性形式意味着什么呢？怎么才能使一些东西更容易学，更惹人爱呢？

586

跋

学习科学的基本问题

罗杰·C. 尚克

学习科学的问题是，尽管我们对它知之甚多，但是行动起来还是困难重重。虽然我关注 K-12 教育比关注大学多，但在这里我要写大学教育，因为大学应该是最容易改革的教育机构。从大学开始变革有许多好的理由，但在大学教育中进行有意义的变革多少有些不太可能。为什么呢？有如下几个原因（一些也可以应用于 K-12 教育中）：

1. 大学坚持入学要求

咦，这在当前教育中似乎不是一个大问题，是这样吗？让我来解释。

大学入学要求背后的基本假设在一定程度上阻碍了变革。为什么顶尖大学有入学要求呢？基本上对于这些要求有三个理由：

a. 只有这么大的空间

有时这个观点确实是正确的。将讲演厅再多塞进一些人总还是可以的，但建造宿舍很昂贵，而且研讨会为了保证效果，也需要控制人数。当然，空间对于在线课程（online curriculum）不是问题，因此这个原因肯定不适用于在线课程。因此，在线课程最可能是基于学习科学理念的真正变革的场所，他们不应该有入学规则，是吗？

不是。

当我在卡耐基－梅隆大学（Carnegie-Mellon University）建设计算机科学在线课程时，我建议接纳所有申请人，但这个想法被拒绝了，因为以下原因：

b. 如果每个人都有精英学校的学位，那么，它将不再是精英学校，对吗？

嗯，可能不是。但是，这又有什么关系？一个好的在线大学（online university）可能在某个领域发放成千上万个学位。应该质疑的相关问题应该是：**在这个学校中接受了这个课程训练的毕业生，他们在现实世界中真能做事吗？**

588

啊，这才是真正的原因。大学通常不会培训人去做任何现实的事情，所以可能没有办法去判断。这就是为什么你永远都看不到耶鲁在线（Yale online）的原因。如果忽然间耶鲁有成千上万的毕业生，耶鲁将不再被看成是“耶鲁”。耶鲁的毕业生是否能胜任现实世界的任务，也没有办法去判断。那也不是耶鲁使用的评价标准。正如在我设计的卡耐基－梅隆大学课程中介绍的，我们能否说，大学的院系没有做好应对那种新模式的准备。

最常被引用的理由是这样的：

c. 没有做好准备的学生很难教

我确实喜欢这个观点。这其实是说，如果某些学生很难教，就不应该教他们。没必要冒这个风险让那些没有准备好的学生来学习任何你认为他们应该知道的东西，那我们干脆不让他们进来。

不。我们让每个人进入。让我们设计不存在空间问题的学校［在线学校（online schools）的一个好理由］。让我们设计这样的学校，它不是老想着它精英的名气，而仅仅是为人们一显身手做准备。而且，如果学生没有准备好去学习这些学校所教的课程，那么我们就开设一门课程符合他们现有水平的课程来让他们做好准备。

这能够实现。“任何人都能进高质量的大学”是一个重要的观念。一所教现实世界技能的大学也是一个重要的观念。空间必须不再是问题，从而使遏制变革的精英主义灭亡。学生需要明白，如果他们不能做这项工作，他们将会落后。如果工作是真实的，这就有意义了。

2. 大学允许他们的教员决定课程

噢，为什么不呢？教员是专家。难道他们不知道他们领域的学生应该学习什么吗？

这确实是一个有趣的问题，它直击今天大学问题的核心。一般学生进入大学的目的是毕业，并在所学相关领域中找到一份工作。这个观点确实不激进吧？我

说的没错吧？

然而，学生们决定选修的课程的主讲教授在这一相当直率的问题上存在很多的不足。首先是教授们往往不考虑学生学习的目的是毕业并找到一份工作这个简单的问题。一般而言，教授没有在他所从事学科的现实世界工作过。例如，一位计算机科学教授（当我是一名教授时这是我主要的领域）写的最后一个计算机程序，可能还是在学生时期。他的专长是计算机科学（我的是人工智能），所以他就来教这个。不幸的是，一般学生根本不需要学习这个专业。但是教授并不在意这个。教授想要教他所熟悉的、他喜欢思考的、对于他来说工作量最少的专业。所以他编造出无数合理的理由，来说明为什么他那深奥的领域是对于每一个计算机科学专业学生来说都是非常重要的。

请记住，在大学中每个系都有许多教授。他们每一位都想要教他们自己的专长。他们中很少有人有现实世界的经验。所以，总的来说，课程就是专长的大杂烩，这些专长无疑“对于每个学生而言都是非常重要的”，但是当把所有专长汇聚成一个整体时，学生甚至还没有足够能力在现实世界中开始自己的职业。

你认为仅仅是在计算机科学领域中才这样的吗？我也是一名心理学教授。在那个领域的学生特别想要从事心理服务、健康、咨询、社会工作诸如此类的工作。但是教授的专长再一次决定了要学习什么。所以每个人不得不学习认知心理学（我的专业就是认知心理学），即使这无法帮助他们为人们提供咨询。噢，学习认知心理学也许对他们有帮助。这怎么会害了他们呢？这个推理掩饰了许多心理学系根本没有临床心理学教员的事实，因为他们认为它根本不是一门学术性科目。大多数系根本没有让学生从事临床前学习的想法。他们会拒绝教这些实践的科目——通常是因为他们实际上并不了解这些。 589

例如，发展心理学是一门关于儿童如何发展的学科，这个学科通常挤满了学生，他们想了解儿童，因为将来有一天他们也会有孩子。他们的教授会顺应他们吗？没门。他们的教授对于儿童养育不见得了解多少（我曾经见过他们的孩子）。他们确实知道的是如何从事发展心理学研究。他们知道如何从事研究，从而认为他们应该教学生从事研究，即使学生从未想过在现实生活中做研究。

等一下，还有更糟的。还记得你在心理学课中上的那些导言课程吗？难道它们不沉闷？那简直是一项没头没脑的、对任何人关于心理学的任何想法的调查。如果你想在心理学中学一些其他的东西，就没有办法摆脱这些。想知道为什么会是这种情形吗？在任何研究型大学的心理学系，教员需要实验对象。他们从入门课程中获得实验对象；还记得那些实验吗？为了得到学分，你必须耐着性子听完，所以所有的学生被塞进课堂，为隔壁的实验室正在进行的实验提供素材。

你明白了为什么你不能对这些教员抱以期望了吧？他们并不是你想象的那种做好了准备的教授——在一个既定领域有特定专业的研究者。教授们倾心于理论与观点，因为这是他们每天都在从事的。如果你希望获得现实世界的实际技能，

那不会从他们那里学到。但为什么会是这种情形呢？一名无意成为研究者的本科生为什么就不能追求更加实用的教育呢？

这很容易解释。研究者看不起实践者。顶尖大学的教授不想被人认为是在训练实践者。那只是训练，而他们不喜欢这种训练。他们将所提供的不相关的教育合理化，并说他们正在教你学会思考。这是一个很好的理由，这样他们就可以坚持教授自己的专业，然后能够很快地返回到他们的研究中。小一点的大学极度渴望成为了不起的大学，所以即使这些学校里的教授自己本身不是研究者，他们也要表现得像是各自领域的精英，所以他们就教授自己攻读博士学位时相同的课程。这比那些强调研究的大学，也好不到哪去。

通常，学生以及他们的现实需求和期望被教员忽视。但除了教员，还有其他一些人可以决定他们的课程内容。实践已经一次次证明了教授们真的不必关心这个问题。

在现今存在的任何一所大学里，这些都正在发生，但是在规划得很好的网络大学就不会发生。为什么不会呢？因为任何新开办的网络大学都会从专家那里获得教什么的建议，但这些专家不会由此得到利益。换句话说，没有哪个网络大学必须雇用终身教员，所以他们也不需要照顾自己的特长。通过这种方式，学生的需要才实际上由那些专家（他们唯一的兴趣是确保学生能够在他们选择的领域里受到良好的教育）来满足。

3. 课程有固定的课时并且是平行开设的

教育的核心问题在于，是通过教学让学生记忆信息以通过考试，还是通过教学为学生创造一些经历，让学生通过参与经历而学习。

既然学生在学校时通常都是在上课，那么我们就先把这个问题放到一边。一门课程应该上多长时间呢？

590

大学的答案是：14 周（可能会增减几周）。

一门课程多久上一次？

大学的回答：每周三小时（多一点或少一点）。

那么我们可以认为一门课总是需要 42 课时。我想知道，那个数字是如何得出的，以及所有的课程需要的课时怎么会同样多。我想知道，那个数字是如何得出的，以及所有的课程需要的课时怎么会完全相同。

你认为这个答案可能与学生的需求有关系吗？或者我们说它迎合了教员的需要是不是更加合适？

当我在西北大学时，学校希望我每两年讲授一门课程。这门课程持续 12 周，每周 3 个课时。我从耶鲁大学转至西北大学部分原因是由于这个安排；在耶鲁大学，我必须每年上 1 门课程（而且持续 16 周！）。

噢，那确实是不可思议的，嗯？

不，不是。你越重要，你教的越少。顶尖大学的教授认为教学是一种负担，他们总是尽力摆脱。差的教授（例如，没有作品发表或者没有得到研究经费）被惩罚教更多的课。

既然你知道了这点，而且相信我所描述的在顶尖大学是很正常，那么问问你自己为什么课程是那种结构。固定的课程课时与每周最少的课时，是为谁的利益服务？你可能认为一名学生每学期上 4 到 5 门彼此不相关的课程是为学生广泛的兴趣与选择着想。但是实际目的是帮助教授，不让教学妨碍他们做更重要的事情。如果课程仅仅是每周 3 个课时，那么需要开设许多的课程使学生有事可做。事实上，这有时导致学生们不能完全集中于一些课程，而这不影响教员（除非他们的课程被取消）。

以这种方式安排的课程，使得班级授课变成了班级演讲和测验。为学生们设计真实的经历——那些允许学生进行深入的调查、建构或是设计的课程往往会超出 42 个课时，而且要求学生一次只能修一两门课程。反过来这也要求教授在学生参与任何项目需要帮助的任何时候，都能够帮助学生。所以一门深入的课程对学生可能是件好事，可以让他们真正投入某件事情，但对于教授却是不利的，因为那不允许他们继续将教学作为工作中最不重要的方面来对待。

一门课程应该持续多长时间呢？只要知道要学习什么，学生们都会尽力学习如何去完成。但如何正确地做好呢？应当给予学生们在自己合适的时间去探索项目的自由。这意味着教授的生活会没有了秩序——对于一个日程上有更重要事情的人来说，这是无法接受的。

今天存在的课程，也许根本就不应该存在。它们的存在只是为了让教员活得更轻松。真正的教学需要真实的经历。设计与管理这些经历应该是教员应该做的。网络大学中的教员应该会这么做。这种师徒式教学在现在的大学中，仅仅出现在博士课程的最后阶段。教授对于博士生认真，也许他们应该对所有其他人都认真。

4. 教学并没有及时发生

在一个在线、做中学、基于经验的学习环境中，教学的发生是以需求为基础的。如果你正在学习的时候需要帮助，你便可以请求帮助。可能的帮助有：学辅（mentor）、其他学生和教员。在一种基于需要的环境中进行教学其实真的不是一件难事，特别是那些教员再也不需要授课、会见学生、批改测验分数了。我们在卡耐基－梅隆西部大学设计的在线研究生课程中这样做了，它的效果很好。卡耐基·梅隆西部大学模式应该是未来几年网络大学的榜样。

591

应该由谁来教？任何人都可以在特定的情境下指导学生。一个教师、一门课

程，这是基于教室的教学观念。在一个在线课程中，数学学辅、物理学辅、计算机学辅、写作学辅以及负责组织工作的学辅都是这一课程的学辅队伍中的一员。

那种认为教学专家必须是博士，必须是顶尖的研究者的观念，在项目导向的环境中变得没有意义。例如，当建立一个网站作为医药信息项目的一部分时，最好的学辅可能是一位专业的网站建设者，而不是医药学校的人员。

5. 课程由讲座主导，而不是项目

许多教授已经认识到基于项目的学习的价值，在大学中这类课程也并不鲜见，在工程学、计算机科学或新闻专业等专业中等更是如此。换句话说，基于项目的学习在某些课程中效果更好，这些课程的最终结果是学生学会实际地做一些事情。这应该适用于所有领域，而不仅仅是那些很明显要动手做的领域。

但是更重要的是这一学习形式在课程体系中的位置。通常，学生可能是在一门课程的最后——甚至可能在大学的高年级阶段，才能接触这类课程。为什么呢？

这又归结到了课程委员会，他们在学生获得任何真实世界的经历之前，就已经为他们决定了要学什么。正如我说的，他们在开设课程时只对如何填满导论课的教室感兴趣。如果他们让学生首先从事项目课程，那不可能为系里创造经济效益，因为项目课程十分昂贵。你必须有一个大的师生比使项目课程有效。在讲座课程中 1:500 的师生比很合适（刚好一个系的预算），而项目课程中却需要1:20的师生比，甚至是 1:10。但不管用何种方式，教员都要得到同样的薪水，所以系里憎恨这样。别担心那个，至少从柏拉图以来学者们就一直在指出，我们实际上只能是从做中学。学生们也知道这点，所以他们都更愿意选择项目课程而不是讲座课程（这是指那些真正想要学习的学生）。

开始一个项目，对于决定你是否喜欢这个领域也很重要。听某人谈论某个领域学到的远远不及在那个领域实际工作教给你的多，所以大学鼓励暑期实习或者类似的事情。或者用另一种方式，他们把真正的教学留给公司，让学生们到那里免费接受教学。不幸的是，由于公司的人不大可能是教师，或者不太关注教学，所以公司的教学是成败参半。

说实话，我们的课程以项目为开始并依托项目实施（项目之间是相互关联的更好）——对于学生来说效果最好。但是，大学的经济状况阻碍了这种方式。网络大学能够再一次非常有效地实施这一方式。原因是：基于项目的学习要求即时的教学，而在线学习环境在即时教学方面做得很好。教师们可以在需要的时候出现在网上，突然之间一帮人就开始工作了。

6. 要在学校中成功仍然依赖于竞争

有一个为我工作的人，他是一个非常有名的学术机构的毕业生。我经常需要他写东西，但是我不得不提醒自己不要让他写，因为他简直不能写连贯的英语句子。有一天，我问他既然是如此著名学院的毕业生怎么可能完全不懂写作。他回答道，他在大学里是数学专业，正因为不用写作他才选择了数学。他知道他不能写，因此他躲避上写作课。这些似乎——当然确实是——与大学的初衷恰恰相反，一个人难道不应该迎难而上并学会它吗？他是多么幼稚！

592

这个人得过奖学金。他不希望做任何危及奖学金的事情，包括选修一门可能得到低分的课程。我记得我儿子的一个朋友的专业是心理学，这是因为测试中都是多选题，他说他很擅长那类测试。这是什么样的学习理由！我记得当我在学校时，在我的法语课上有一个法国学生，当我问他在那儿做什么时，他说他可以轻松得“A”。

只要教育还在产生成功者与失败者，我们就不能作出有意义的变革。只要学校被看作是竞争的场合，就将会有这类游戏的参加者，他们擅长于游戏但是学到的却很少。

我所说的在 K-12 教育中也不同程度地存在这些问题。学期、课程、测试、每天的课程表不是为学生设计的而是为教师、管理者、政治家、班级所在的房间与建筑设计的。K-12 教育的成功也被当作一件需要竞争的事件。直到所有这些改变了，学习科学才会对教育起一定的作用。教育的真正变革要求的不仅仅是教育研究。一场教育改革即将展开。开始行动吧！

人名索引

主题索引

译者后记

本书介绍的是近年来新的学习科学研究的最新进展。之所以称之为新的学习科学，是因为在过去的100年间，学习研究的范式发生了巨大的变化。历史上，学习研究属于心理学的核心课题。美国心理学家华生（John B. Wundt）开创了行为主义学习研究的先河，倡导心理学是自然科学的一个分支，应该排除意识和内省，通过纯粹的客观实验来测量人类的行为，以达到预测和控制行为的目的。激进行为主义心理学家斯金纳继承并发展了华生有关学习研究的科学主张，强调环境和有机体行为中可观察和可测量的部分及其相应影响，明确地排斥心理事件、驱力、动机等这些他认为非科学的心理现象和个人经验。斯金纳不仅将学习研究发展成为行为科学，他还致力于将学习的实验室研究成果应用于教育历程当中。他在学校的课堂教学中发现，动物学习实验中得到的有关学习的科学理论并没有被应用于学校的现实教学；学校教学目标模糊，没有即时反馈测验结果；教学内容缺乏系统性。针对这些缺陷，斯金纳提出了小步骤、即时强化、逐步接近的学习原则，并开发了程序学习和教学机器。程序教学的发展促成了教育技术学的形成，促进了"计划—实施—评价"（Plan-Do-See）这一工程与技术学做法在教育教学中扎根。程序教学的发展还催生了个人化学习和计算机辅助学习等学习模式，吸引了计算机专家、教育技术学者（教育心理学家和认知心理学家）加入到学习研究的行列。

在这一时期，许多心理学家开始摸索心理学新的研究范式，如葛西亚（John. Garcia）等人在回避学习研究中开展了动物味觉厌恶实验研究，证明动物也会依内部蓄积的信息（也许可以称为记忆表征或者知识）"三思而后行"；语言学家乔姆斯基（Noam. Chomsky）提倡语言生成能力的先天性学说，对行为主义提出的通过后效强化作用逐渐积累经验的语言习得观进行了批判；在人工智能领域，纽厄尔和西蒙等人利用计算机模拟，建立了问题解决行为的心理学理论；认知心理学家史蒂文斯（Kenneth N. Stevens）提出的"合成分析模型"等不一而足。由心理学、语言学、计算机科学、哲学、神经科学等学科组成的认知科学也将人类的学习、理解、思维等纳入研究的范畴。有关理解的研究发现，是头脑中知识的框架产生了人类的理解，使我们理解了支撑人类智慧活动的知识的重要性，而人类智慧活动常常发生于日常场面，因此，人类的学习具有社会性与情

境性。

在重温历史上的可供性理论、平行分布加工模式理论、情境认知与情境学习等理论的基础上，学习研究者逐渐认识到，应该在更为广阔的视域下开展多学科的交叉研究，在相互借鉴下采用更具有包容性的不同研究方法，才能使我们从不同角度全面了解学习是什么以及学习是如何发生的等问题。新的学习科学借鉴了文化人类学、对话分析和社会文化心理学等研究方法，以及一种新的正在发展中的混合方法论——设计研究。学习科学不但要借助实验室实证科学的研究方法来回答人是如何学习的，而且还要将这些研究整合起来以指导实践。因此，在以认知心理学、脑科学以及社会文化为核心的学问体系的基础上，形成了一门研究高效学习的新的学习科学。这一新的科学致力于研究现实中错综复杂的学习，其重要特征是研究对象广泛，研究方法多样，研究内容综合。这就是本书主编 R. 基思·索耶所谓的新的学习科学。

一部优秀的学术专著，应既能够整合目前最新的研究成果，展示学科研究的前沿，同时还能够通过清晰的线索和敏锐的眼光把握学科的未来发展，为研究者提供今后努力的方向。本书正是这样一部汇聚了学习科学领域众多顶尖专家的集体智慧、对未来学习科学的研究将产生深刻影响的学术巨著。为了将这部优秀的著作介绍给国内的读者，北京师范大学“认知神经科学与学习”国家重点实验室将本书选入“脑与学习科学新视野”译丛，并精心组织了该领域的专业研究者翻译了本书。

在我国教育改革逐步深化的今天，能够与广大一线教师、从事学习科学研究的学者、研究生、教育经营与管理者等早日分享本书的内容是本书译者与翻译组织者的共同心愿。译者在繁忙的工作和紧张学习之余，倾注全力历经两年的时间，完成了这部600余页鸿篇巨著的翻译。在此，要感谢所有参与翻译工作的华南师范大学教育信息技术学院认知与技术实验室、华东师范大学教育科学学院课程与教学系以及南京师范大学的教师和研究生（有些已经毕业成为教师）的辛勤劳动。另外，在此要特别感谢北京师范大学认知神经科学和学习国家重点实验室的周加仙老师，她组织和协调译者，为本书的翻译出版付出了巨大的努力和辛勤劳动。翻译者负责章节如下：徐晓东，序言、第1、2章；杨治平，第3、14、19章；鲁文娟、何禅兴，第4章；鲁文娟，第5章；马祖苑，第6章；林书兵，第7章；张笑欢，第8、9、10章；杜晓萍，第11、12、13章；卢锋，第15、16章及封底；杨丽坤，第17章；张笑欢、车伟坚，第18章；岳月，第20、21章；余丽、何琬君，第22章；阮高峰，第23章；车伟坚、阮高峰，第24章；熊建辉、阮高峰，第25章；熊建辉、王媛、唐颖、徐以芬，第26、27章；高艳贺，第28、29、30、31、32章；马祖苑、李保安，第33章；阮高峰，第34章；跋由阮高峰、杨刚翻译；后记由阮高峰、谢海燕翻译。校对者负责章节如下：阮高峰，第1、2、24章；彭广贵、宁艳，第3、4、25、34章及后记；何丽燕、国晓

芬，第5、7、10、20、32章；杨刚、宋安娜，第6、9章；赵学孔、李婉媚，第8章；谢海波、高建，第11、18、23章；谢海燕、胡晓巍，第12、14、15、26章及跋；宋安娜、赵学孔，第13章；张宏珊、黄梅红，第16、19、22章、31章；李保安、宋安娜，第21章；杨刚，第17、27、29章；李保安、冯倩，第28、30章；冯艳奕、罗军，第33章；在此基础上徐晓东教授阅读了全文并进行了系统的校对和修改。最后由董奇教授、周加仙老师审定全文并定稿。

最后需要说明的是，虽然译者非常认真仔细地翻译了各个章节，但由于时间紧迫、水平有限，翻译中的错误在所难免，敬请读者批评指正。

华南师范大学教育信息技术学院
认知与技术实验室
徐晓东
2010年元月于广州